



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

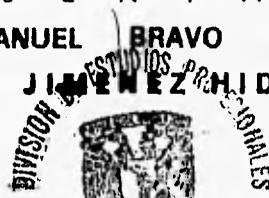
21
24

FACULTAD DE CIENCIAS

"LAS DINOSAURICNITAS DE MEXICO, SU
SIGNIFICACION GEOLOGICO - PALEONTOLOGICA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A N :
VICTOR MANUEL BRAVO CUEVAS
EDUARDO JIMENEZ HIDALGO



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR
1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Las Dinosauricnitas de México, su significación Geológica - Paleontológica".

realizado por BRAVO CUEVAS VICTOR MANUEL Y JIMENEZ HIDALGO EDUARDO

con número de cuenta 9052205-3 y 8733650-4 , pasante de la carrera de Biología respectivamente

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca

Propietario Dra. Marisol Montellano Ballesteros

Propietario M. en C. Luis Espinosa Arrubarrera

Suplente M. en C. Francisco Sour Tovar

Suplente M. en C. Pedro García Barrera

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Alejandro Martínez Mena

PREFACIO

Agradecemos en primer lugar a nuestros padres, por darnos vida, por su paciencia y amor, y apoyarnos en todo momento, independientemente de las circunstancias, ya que sin su ayuda no podría haberse realizado esta tesis.

Al Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca, director de tesis, por educarnos en el arte de hacer ciencia y especialmente por su amistad.

A los demás miembros del Jurado del Examen Profesional, Dra. Marisol Montellano Ballesteros, y los Maestros en Ciencias Luis Espinosa Arrubarrera, Pedro García Barrera y Francisco Sour Tovar; por sus aportaciones y comentarios que fueron de gran utilidad para la elaboración de esta tesis.

A los Técnicos, Gerardo Álvarez Reyes por la elaboración de moldes en yeso y resina de las huellas estudiadas, y Roberto Cabrera Pacheco, por enseñarnos el procesamiento de muestras liticas.

A la Sra. Yolanda Gómez Tejera, que a lo largo del desarrollo de este trabajo estuvo en la mejor disposición de proporcionarnos su ayuda.

A la Jefa de la Biblioteca del Instituto de Geología, UNAM, Lic. Bibl. Teresa Soledad Medina Malagón, así como a todo el personal de la misma, que en todo momento estuvieron dispuestos a prestarnos sus servicios.

A la Pas. de Biól. Elsa de la Chesnaye Caraveo, por su valiosa colaboración y comentarios en la transcripción de este trabajo.

Al Biól. Rubén Rodríguez de la Rosa, por compartir con nosotros su información bibliográfica.

Al Sr. Juan Osorio, por su hospitalidad y tiempo durante la visita a Santa María Xoelixtlapileo, Oaxaca.

A la Fundación UNAM, por la beca tesis que proporcionó, ya que sin ella, no habría sido posible finalizar esta tesis.

A las autoridades del Instituto de Geología UNAM, por las facilidades y apoyo otorgado.

A NUESTROS PADRES.

**LAS DINOSAURICNITAS DE MÉXICO, SU SIGNIFICACIÓN
GEOLÓGICO- PALEONTOLÓGICA.**

Contenido.

RESÚMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Panoramica y estudios previos.....	3
Objetivos y justificación del estudio.....	8
MATERIAL Y MÉTODO.....	9
Aspecto Geológico.....	9
Aspecto Paleontológico.....	10
Descripción de huellas aisladas.....	12
Descripción de rastros.....	15
Consideraciones sobre la Asignación Taxonómica de las huellas estudiadas.....	16
Abreviaturas.....	17
LA DINOSAURICNOFAUNA XOCHITLAPILCO JURÁSICO MEDIO, HUAJUAPAN DE LEÓN, MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA.....	18
Marco Geográfico.....	18
Localización, Acceso, Población y Cultura.....	18
Rasgos Geomórficos e Hidrográficos.....	19
Clima y Biota.....	20
Marco Geológico.....	21
Antecedentes.....	21

Litoestratigrafía y Estructura del Área Huajuapán de León-San Marcos	
Arteaga.....	22
Litoestratigrafía.....	22
Edad, Correlación y otras Consideraciones sobre la Secuencia	
Cenozoica.....	28
Estructura.....	28
Descripción Sistemática de las Icnitas.....	30
Morfortipo A (Coeluridae).....	31
Morfortipo B (Fam. No Descrita).....	41
LA DINOSAURICNOFAUNA CHIUTA JURÁSICO TARDÍO, MICHOACÁN SUR-	
OCCIDENTAL.....	53
Marco Geográfico.....	53
Localización, Acceso, Población y Cultura.....	53
Rasgos Geomórficos e Hidrográficos.....	54
Clima y Biot.....	54
Marco Geológico.....	54
Descripción Sistemática de las Icnitas.....	55
Morfortipo A (Coeluridae).....	56
Morfortipo B (?Allosauridae y/o Ceratosauridae).....	62
Morfortipo C (Camptosauridae).....	68
Morfortipo D (cf. Hypsilophodontidae).....	74
Morfortipo E (? Hypsilophodontidae).....	78
LA DINOSAURICNOFAUNA MITEPEC CRETÁCICO TARDÍO, PUEBLA SUR -	
OCCIDENTAL.....	82
Marco Geográfico.....	82

Localización, Acceso, Población y Cultura.....	82
Rasgos Geomórficos e Hidrográficos.....	83
Clima y Biota.....	83
Marco Geológico.....	84
Antecedentes.....	84
Litoestratigrafía y Estructura del Área Huachinantla-Mitepec, Pue.....	85
Litoestratigrafía.....	85
Secuencia Cenozoica.....	90
Estructura.....	90
Descripción Sistemática de las Icnitas.....	91
Morfotipo A (Hadrosauridae).....	92
Morfotipo B (cf. Titanosauridae).....	98
CONSIDERACIONES SOBRE LA SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICO - PALEONTO- LÓGICA DE LAS ICNITAS ESTUDIADAS.....	103
Significación Geológica.....	103
La Dinosauriofauna Xoehixtlapilco.....	103
La Dinosauriofauna Chuta.....	105
La Dinosauriofauna Mitepec.....	106
Significación Paleontológica.....	108
Representatividad de las Muestras.....	108
Diversidad Taxonómica Registrada.....	109
Implicaciones sobre Tamaño y Edad.....	110
Paleoecología.....	112

Consideraciones paleoecológicas y significación taxonómica de la Dinosauriofauna Xochitlapilco, Jurásico Medio de Oaxaca Noroccidental.....	112
Consideraciones paleoecológicas de la Dinosauriofauna Chnta Jurásico Tardío de Michoacán Meridional.....	114
Consideraciones paleoecológicas de la Dinosauriofauna Mitepec, Cretácico Tardío de Puebla Sw.....	116
Paleobiogeografía.....	117
SUMARIO Y CONCLUSIONES.....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

ILUSTRACIONES

Tablas.

1. Proporciones Morfométricas para estimar la dimensión h en los distintos grupos de dinosaurios (<i>sensu</i> Thulborn, 1990).....	138
2. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a y h estimada perteneciente a las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ ; que constituyen el Morfotipo A de la localidad Xochixtlapilco, Oaxaca.....	138
3. Medidas realizadas sobre los rastros X, Y, Z (Figura 6) de la Expresión Mórfica ω , del Morfotipo A reconocido en la Localidad Xochixtlapilco, Oaxaca.....	139
4. Medidas de los parámetros icnológicos métricos pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales ψ , ϕ ; que caracterizan al Morfotipo A de la Localidad Xochixtlapilco, Oaxaca.....	139
5. Relación de índices morfométricos de las Expresiones Mórficas podiales ψ , ϕ ; que caracterizan al Morfotipo A de la Localidad Xochixtlapilco Oaxaca.....	139
6. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a; y h estimada pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales ω , τ , σ ; y Expresión Mórfica manual ρ , de las huellas que constituyen el Morfotipo B de la Localidad Xochixtlapilco, Oaxaca.....	140
7. Medidas de los parámetros icnológicos métricos para cada una de los morfotipos reconocidos en la Localidad Chuta, Michoacán. (Modificada y corregida de Ferrusquía-Villafañica <i>et al</i> , 1978a).....	141
8. Relación de índices morfométricos y dimensión h de los morfotipos reconocidos en la localidad Chuta, Michoacán.....	142
9. Medidas de los parámetros icnológicos métricos pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ , ν ; que constituyen el Morfotipo A de la localidad Mitepec, Puebla.....	143
10. Relación de índices morfométricos y h estimada para las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ , ν ; del Morfotipo A reconocido en la Localidad Mitepec, Puebla.....	145
11. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a y h estimada para el Morfotipo B de la Localidad Mitepec, Puebla.....	145
12. Registro de la biodiversidad de dinosaurios en México.....	146

Figuras. (Después de la p.147)

1. Principales localidades fosilíferas de dinosaurios en México.
2. Formato icnológico utilizado.
3. Diagrama que ilustra las mediciones realizadas sobre huellas y rastros.
4. Representación con restos esqueléticos de la altura de la cadera al suelo, dimensión h.
5. Columna litoestratigráfica del Área Huajuapán de León - San Marcos Arteaga.
6. Esquema que muestra la distribución de las icnitas en el afloramiento de la localidad Xochitlapilco, Oaxaca..
7. Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la Localidad Xochitlapilco, Oax., con respecto al norte actual.
8. Dinosauriofauna Xochitlapilco Jurásico Medio (Bajociano Temprano-Batoniano Temprano) de Oaxaca, México.
9. Esquema que muestra la distribución de las icnitas en el afloramiento de la Localidad Chuta, Michoacán.
10. Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la Localidad Chuta, Mich., con respecto al norte actual.
11. Dinosauriofauna Chuta Jurásico tardío de Michoacán México.
12. Columna litoestratigráfica generalizada del Área Mitepec-Huachinantla (Campaniano-Maastrichtiano), Puebla suroccidental.
13. Esquema que muestra la distribución de las icnitas de la Localidad Mitepec, Puebla.
14. Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la Localidad Mitepec, Pue. con respecto al norte actual.
15. Dinosauriofauna Mitepec Cretácico Tardío (Campaniano-Maastrichtiano) de Puebla, México.

Láminas. (Después de Figuras).

- I. Figura A. Mapa índice de la Región Centromeridional de México.
Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Noroccidental de Oaxaca.
- II. Mapa geológico del Área Huajuapán de León-San Marcos Arteaga.
- III. Figura A. Mapa índice de la Región Suroccidental de México.
Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Lázaro Cárdenas-Arteaga, Mich.
- IV. Mapa geológico del Área Chuquiapan-Chuta.
- V. Figura A. Mapa índice de la Región Centromeridional de México.
Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Axochiapan-Huitzuc.
- VI. Mapa geológico del Área Mitepec-Huachinantla.

LAS DINOSAURICNITAS DE MÉXICO, SU SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICA.

RESÚMEN

El estudio de dinosauricnitas mexicanas de tres localidades en los Estados de Oaxaca, Michoacán y Puebla respectivamente, ha permitido incrementar significativamente el registro de la biodiversidad de dinosaurios previamente conocida para nuestro país. La primera localidad, Xochitlapilco, se encuentra en la Región Mixteca Oaxaqueña, México Sureste, donde estratos filareníticos del Jurásico Medio referidos al Grupo Tecocoyuna, portan impresiones referibles a una familia terópoda y una saurópoda aún no descrita, y que constituyen el registro más austral de este grupo de dinosaurios en Norteamérica. La revisión de la Dinosauriofauna Chuta, Michoacán en la Región Pacífico Sur, permitió una identificación taxonómica más fina, reconociéndose así dos familias terópodas y dos ornitópodas, referibles al Jurásico Tardío; esto último permitió precisar la edad de la unidad litoestratigráfica portadora, hasta entonces considerada jurásica tardía-cretácica temprana, al primer término de este lapso. Finalmente, la tercera localidad estudiada, es la de Mitepec en el Suroeste de Puebla, donde estratos de areniscas cuarzo-filareníticas finogranudas, interestratificadas por caliza margosa, referidas a la Formación Mexcala, son portadoras de gasterópodos y foraminíferos maastrichtianos, así como de impresiones asignadas a una familia ornitópoda y a una saurópoda.

Estos resultados incrementan la biodiversidad conocida de dinosaurios en México en un 70%, de igual forma, permiten extender el alcance geográfico para este grupo en Norteamérica hasta la parte centro-meridional de México, y proporciona elementos informativos objetivos que construyen los modelos paleogeográficos, geológicos y tectónicos sobre la evolución de la porción sur de Norteamérica durante el Jurásico y el Cretácico.

MEXICAN DINOSAUR FOOTPRINTS, ITS GEOLOGICAL AND PALEONTOLOGICAL SIGNIFICANCE.

ABSTRACT

The study of Mexican dinosaur footprints from three localities in the States of Oaxaca, Michoacán and Puebla respectively, significantly add to the recorded dinosaur biodiversity previously known for this country. The first locality is Xochistlapileo, in the Oaxacan Mixtecan Region, Southeastern México, where Middle Jurassic phyllarenitic strata referred to the Tecocoyunca Group bear footprints assignable to one theropod and one sauropod family non described, and constitute the southernmost dinosaur assemblage for this age in North America. The review of the Chuta Ichnofauna from Michoacán in the Southern Pacific Region, allowed its finer taxonomic assignment and the recognition of two theropod and two ornithopod families; this fact allowed to precise the lithostratigraphic unit age, considered Late Jurassic-Early Cretaceous, to the Late Jurassic. The third locality and assemblage studied is that of Mitapec, in Southwestern Puebla, Central México, where strata of fine grained, quartz-phyllarenitic sandstones interbedded by marly limestones referred to the Mexcala Formation, bear Maastrichtian gastropods, forams and footprints assignable to one ornithopod and one sauropod families.

These results increase by 70 % the known biodiversity of dinosaurs in México, extend the known geographic range of dinosaurs in North America down to South central México, and pose significant constraints to paleogeographic, geologic and tectonic modeling on the evolution of southern North America during the Jurassic and Cretaceous.

LAS DINOSAURICNITAS DE MÉXICO, SU SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICO - PALEONTOLÓGICA.

INTRODUCCIÓN.

PANORÁMICA Y ESTUDIOS PREVIOS.

Las distintas evidencias indirectas que los vertebrados del pasado han producido, permiten conocer aspectos de su biología no observables a partir de los restos óseos; tales como locomoción, habitación, digestión, reproducción, etología, etc. Dentro de este tipo de evidencias, uno de los más comunes es el constituido por las icnitas o impresiones de pisadas; que en caso de los dinosaurios, forman su mayor registro fósil indirecto, tanto por su diversidad como por su abundancia. A su vez, los dinosaurios fueron los vertebrados terrestres dominantes durante el Mesozoico.

La disciplina que se encarga de la descripción, clasificación e interpretación de restos indirectos, es la Paleocnología. A partir de una huella es posible extraer información sobre aspectos paleobiológicos, paleoecológicos, así como paleoambientales. Es posible, al estudiar una icnita, obtener información sobre el autor de la misma, al analizar los rastros se puede inferir el tipo de locomoción adoptado por el dinosaurio, así como su constitución anatómica, y si existe la asociación de rastros, se podría aportar datos sobre el comportamiento en grupo. La preservación de icnitas en el registro fósil, es más frecuente en ambientes húmedos (sustratos con una cierta cantidad de agua) sujetos a desecación, tales como margenes de lagos, ambientes deltaicos, zonas pantanosas, llanuras costeras, llanuras marciales, etc.; por lo que su presencia en cierta región sugiere paleoambientes de este tipo. Además, se pueden reconocer ciertas asociaciones, así como sucesiones faunísticas; es posible realizar censos poblacionales en áreas con una gran exposición icnológica, aunque estos deben tomarse sólo como una aproximación; y también, con base en la

orientación preferencial de rastros, se puede obtener información complementaria para la reconstrucción paleogeográfica del lugar. El registro de huellas de dinosaurios, refleja así mismo la variabilidad y reemplazamiento faunístico que tuvieron lugar durante el Mesozoico.

El estudio de dinosaurios en México es escaso (Figura 1), como lo evidencia el reducido número de trabajos publicados al respecto (cf. Janensch, 1926; Taliaferro, 1933; Lull & Wright, 1942; Langston & Oakes, 1954; Murray *et al.*, 1960; Morris, 1967, 1972; Molnar, 1974; Ortega-Guerrero, 1989; Hernández-Rivera & Espinosa-Arrubarrena, 1990; Lucas & González-León, 1990; Hernández-Rivera & Kirkland, 1993; Lucas & González-León, 1993.). La situación sobre el hallazgo y estudio de icnitas de dinosaurios, es todavía más deficiente, (cf. Ferrusquia-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b, 1993; García-Orozco & Zamont-Vega, 1994). A continuación se presenta sucintamente esta información.

El primer reporte sobre restos de dinosaurios, se realizó en el año de 1926, cuando científicos alemanes colectaron un ceratópsido proveniente del Estado de Coahuila en una localidad llamada Yacimiento Soledad (Janensch 1926). Después, Taliaferro en 1933 reportó la presencia de dinosaurios cretácicos en Sonora, dentro de la Cuenca de Cabullotta. Subsecuentemente Lull y Wright (1942) realizaron una investigación sobre hadrosaurios de Norteamérica (incluyendo México), en el cuál, para la localidad No 29, Formación Snake Ridge, en el Estado de Sonora, México, se reconocieron restos de un gran organismo perteneciente a este grupo. En 1954 Langston y Oakes reportaron la presencia de restos de hadrosaurios descubiertos en dos ocasiones en Punta San Isidro, Baja California Norte, se trataba de dos organismos de aproximadamente el tamaño del Género *Kritosaurus*, representados por huesos podiales (Langston & Oakes, 1954).

Durante estudios básicos de campo en el año 1959, en un área del noreste de Coahuila perteneciente a la Cuenca de Parras, un grupo de estudiantes de postgrado de la Universidad de

Louisiana, reportaron la presencia de dinosaurios y moluscos marinos. Posteriormente la localidad fue examinada, llevándose a cabo una serie de recolecciones; dentro del material se encontraron restos de al menos 4 dinosaurios, los cuáles fueron identificados por J. A. Wilson, de la Universidad de Austin, Texas y E. H. Colbert, del Museo Americano de Historia Natural, como un ceratópsido referido a *Monoclonius*, y a un hadrosaurio del grupo de los tracodontes (Murray *et al.*, 1960).

Ferrusquía-Villafranca realizó entre 1965-1967, trabajo de campo en el Área de Ojinaga, Chih., en relación al estudio de la fauna local Rancho Gaitán (Ferrusquía-Villafranca, 1969), del Oligoceno de México, e incidentalmente encontró material vertebral referido a ceratópsidos en localidades al sur de esta ciudad, procedente de estratos transicionales y continentales de la Formación Ojinaga, del Cretácico Tardío. (Ferrusquía-Villafranca com. pers., Abril, 1995).

En 1967 el Ing. Jesús Ojeda Rivera del Consejo de Recursos Naturales no Renovables (ahora Consejo de Recursos Minerales), informó a J. A. Wilson sobre la presencia de un esqueleto de dinosaurio en estratos carboníferos cretácicos tardíos de Palatú, Coah. Wilson invitó a I. Ferrusquía V., entonces su estudiante, a examinar el material en el campo; el análisis preliminar permitió concluir que se trataba de restos de un ceratópsido (Ferrusquía-Villafranca com. pers., Abril, 1995).

Entre 1966-1970, W. J. Morris del Natural History Museum, Los Angeles, Calif., conuspiciado por el Instituto de Geología de la UNAM y la National Geographic Society, realizó trabajo de campo en el Área del Rosario Baja California Norte, donde se recolectaron vertebrados terrestres cretácicos tardíos. Para 1969, el mismo Morris invitó a Ferrusquía a colaborar y continuaron colectando y prospeccionando tres años más. Finalmente en 1974, se realizó una prospección en todo el Estado de Baja California en el que participaron S. P. Applegate y W. J. Morris, del Natural History Museum, Los Angeles, Calif., I. Ferrusquía y su estudiante C.

Avecilla, del Instituto de Geología, UNAM, México. El reporte respectivo, inédito, fue elaborado por Morris con la información que Applegate y Ferrusquía proporcionaron. Los resultados finales revelaron la existencia en el Área de El Rosario, B.C.N. de numerosos restos de dinosaurios, entre ellos, carnívoros del tipo de los tiranosáuridos, dromacosáuridos, así como herbívoros de los grupos Ankylosauria, Ceratopsia y Ornithopoda. Los restos más abundantes, pertenecían principalmente a hadrosaurios, *Hypacrosaurus altispinus* era el más común. Esta asignación fue errónea, ya que en 1972 se descubrieron restos cráneos homotípicos, los cuales evidenciaron que esta forma estaba íntimamente relacionada con *Lambeosaurus*, y fue designado entonces como *Lambeosaurus* sp. (Morris, 1972). En 1970, se reportó la presencia de restos de un dinosaurio terópodo en un afloramiento al sur del arroyo del Rosario, en la Formación La Bocana Roja, el cual fue descrito por Molnar (1974), asignándolo un terópodo nuevo designado *Labocania anomala*.

En 1980, Ferrusquía-Villafranca realizó en colaboración con S.A. Applegate, L. Espinosa S. y V. Torres, una extensa prospección paleontológica en Coahuila, que condujo al hallazgo de localidades diversas y al rescate de material colectado por aficionados, como el Señor A. Rojas de Saltillo, el cual fue depositado en el Museo de Paleontología del Instituto de Geología. Con ello, se dió un impulso considerable a los estudios de dinosaurios en México, que forman la base del trabajo realizado subsecuentemente por miembros del Instituto, particularmente por R. Hernández-Rivera.

En 1985 Clark y Hopson revelaron la existencia de una importante vertebradofauna del Jurásico Temprano-Medio del Estado de Tamaulipas (Formación Huizachal), y dentro de otros vertebrados terrestres se reconoció material perteneciente a un heterodontosaurio.

Ortega-Guerrero (1989) en su tesis de Maestría (Geología), menciona el hallazgo de restos óseos de dinosaurios saurópodos jurásicos al oeste de San Felipe Otlaltepec, Puebla.

En 1990 Hernández-Rivera y Espinosa-Arrubarrena sumarizan el registro de dinosaurios en México conocido hasta entonces, y señalan que incluye fragmentos de saurópodos en Puebla y ornitópodos en Tamaulipas, ambos de edad jurásica; que la mayoría de los taxa cretácicos están representados por hadrosaurios y ceratópsidos, aunque también en menor proporción existen restos de anquilosaurios y camosaurios; se destaca la existencia de impresiones de piel y fragmentos de cáscaras de huevo en Baja California. En 1993 Hernández-Rivera y Kirkland reportan una localidad Campaniano tardía perteneciente a la Formación Cerro del Pueblo, en el Estado de Coahuila, rica en restos de dinosaurios, entre ellos, hadrosaurios semiarticulados y desarticulados, y en menor número ceratópsidos y carnosaurios, así como la existencia de impresiones de piel .

Lucas y González-León (1990) informan la existencia de restos de hadrosaurios, así como de un diente referido a *Albertosaurus* en tres localidades pertenecientes al Grupo Cabullona en el Estado de Sonora, de edad cretácica tardía.

Durante 1990 a 1992, Lucas y González-León, recolectaron restos fósiles de 33 localidades pertenecientes al Grupo Cabullona, entre estos, restos de dinosaurios de las Familias Hadrosauridae y Ceratopsidae, así como restos referidos a *Albertosaurus*.

En lo que se refiere a huellas, en el año de 1978, aparecen 2 reportes, en los que Ferrusquía-Villafranca y colaboradores describen la Dinosaurienofauna Chuta, consistente en 7 morfotipos que fueron asignados a dinosaurios terópodos y ornitópodos de edad jurásica tardía-cretácica temprana, siendo esta la fauna de dinosaurios más austral de Norteamérica y el primer registro de huellas de dinosaurios en México.

Durante la V ó VI Convención Geológica Nacional (1980 o 1982 respectivamente), Applegate y Cumás, reportaron oralmente la presencia de huellas de dinosaurios jurásicos en una localidad cereana a la presa de Yosocuta, Municipio de Hunjuapán de León, infortunadamente no

se publicó el resumen, ni el trabajo en extenso. Esta es la primera mención de la dinosauriofauna Xochitlapilco, la cual se describe en este trabajo.

En 1993, Ferrusquía-Villafranca *et al.* reportan la existencia de dinosauricnitas tardicretácicas en Puebla Suroccidental, producidas probablemente por hadrosáuridos o iguanodóntidos.

García-Orozeo y Zamora-Vega (1994) en su tesis de licenciatura en Ingeniería Geológica (IPN), reportaron la presencia de huellas de dinosaurios en estratos litareníticos volcánicos de color rojo en el Municipio de Aguililla, Michoacán, asignándoles una edad probable del Cretácico Tardío, pero no se estudiaron.

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

La breve reseña de los estudios realizados, muestra el escaso conocimiento que existe sobre este grupo en México, y particularmente sobre sus icnitas, por ello, mediante la presente investigación, se pretende contribuir al conocimiento de las dinosauricnitas de México, describir, caracterizar y suplementar en su caso a las Dinosauriofaunas locales Xochitlapilco (Jurásico Medio, Área de Huajuapán de León, Mixteca Alta Oaxaqueña), Chmta (Jurásico Tardío, Michoacán suroccidental) y Mitepec (Cretácico Tardío, Mitepec, Puebla suroccidental), discutir la significación geológico - paleontológica de estas faunas, así como incrementar el conocimiento sobre la diversidad de dinosaurios en la República Mexicana, y con ello promover futuras investigaciones que permitan conocer nuevas localidades, coadyuvando así a la investigación paleoicnológica de vertebrados terrestres en nuestro país.

MATERIAL Y MÉTODO.

El trabajo incluyó dos aspectos, el geológico y el paleontológico. A continuación se describe el método y material usado para esta investigación

ASPECTO GEOLÓGICO.

Para cada una de las áreas, se realizó una búsqueda bibliográfica que permitiese conocer y acopiar la información geológica disponible. De igual forma, se compiló la información cartográfica pertinente, lo cuál permitió elaborar mapas geológicos preliminares, donde quedó registrada de manera tentativa la interpretación geológica. En el caso del Área Chuquiapan-Chuta, la información geológica con la que se cuenta es muy escasa (*cf.* Castro-Moreno, 1984; González-Partida *et al.*, 1987; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992 (1993); Geomex, 1994); esencialmente la misma presentada por Ferrusquía-Villafranca en 1978, por lo que se decidió adoptar esta última para el presente trabajo. Para las Áreas Huajuapán de León-San Marcos Arteaga y Huachinantla-Mitepec, las interpretaciones geológicas compiladas a través de la bibliografía y cartografía pertinente, fueron verificadas con base en datos de campo y descripciones petrográficas. El material y datos de campo fueron obtenidos por Ferrusquía Villafranca entre 1993 y 1994, y a partir de estas muestras y datos se desarrolló el resto del estudio.

Las descripciones petrográficas se basan en datos de campo, así como en 74 muestras de mano y 28 láminas delgadas. La terminología cromática es de Goddard, *et al.* (1963), la clasificación de las rocas sedimentarias es de Folk (1968) y la de rocas piroclásticas es de Cook (1961), modificada por Ferrusquía-Villafranca (1995), y para la composición de ellas, se utilizó la de Streckeisen (1965).

Finalmente, con base en la reinterpretación geológica, los datos de campo y los estudios petrográficos, se elaboraron los mapas geológicos definitivos y también se adquirieron y usaron

otras cartas topográficas de áreas aledañas, que tuvieron que ser analizadas e interpretadas para realizar dichos mapas. Adicionalmente, en el caso del Área Xochitlapilco, Oax. fue posible analizar e interpretar fotografías aéreas tomadas por la Compañía Mexicana Aerofoto del vuelo número 1935 en el año 1968, correspondientes a las fajas 10, fotos 12-14 y 11, fotos 18-20; a escala 1:50 000, con las cuales se elaboró un mapa fotogeológico para posteriormente integrar esta información con la del mapa geológico preliminar y llegar así al definitivo.

El material cartográfico se basó en cartas topográficas del INEGI a escala 1:50 000; para el Área Mitepec, Pue. las Hojas Temalac E14D81 y Huehuetlán E14B71 (INEGI, 1987a, 1987b); y para el Área Xochitlapilco, Oax. se utilizaron las Hojas Huajuapán de León E14D14 y Tezoatlán de Segura y Luna E14D24 (INEGI, 1987c, 1987d.); así como las Cartas Geológicas Estatales de Oaxaca (López-Ramos, 1974), Puebla, Tlaxcala (López-Ramos 1979a) y Guerrero (López-Ramos, 1979b); a escala 1: 500 000.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- 1) Estereoscopio de espejos marca Wild SF4, con oculares de X3.
- 2) Microscopio petrográfico binocular marca Carl Zeiss, con ocular X8 y tres objetivos (X2.5, X10 y X40).
- 3) Microscopio estereoscópico estativo marca Olympus, con oculares de X10 y un objetivo "Zoom" de X0.75-X6.4.

ASPECTO PALEONTOLÓGICO.

El material objeto de este estudio, está formado por moldes en bajo y/o alto relieve de las huellas, elaborados en resinas sintéticas o en yeso, y por impresiones de las huellas trazadas con tinta indeleble sobre sábanas plásticas transparentes, que permitió registrar la posición espacial precisa de cada una de ellas en el afloramiento. Este material está alojado y catalogado en el Museo

de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo los números IGM-7020 a IGM-7040.

El estudio de las icnitas implicó la investigación tanto de huellas aisladas como la de los rastros, que fue posible distinguir en un determinado afloramiento. Las icnitas de los afloramientos de las localidades Xochitlapileo, Oaxaca y Mitepec, Puebla se tomaron directamente sobre una sábana plástica, (de 20 m² a 30 m²) delineando con un marcador indeleble cada una de ellas, asignándoles un número. Subsecuentemente sobre la sábana, se determinó la orientación de cada huella con respecto al norte actual. Para facilitar su manejo, mediante métodos fotográficos se obtuvo una imagen reducida no mayor de 0.6 m². En el caso de Chuta, Michoacán, la posición de las icnitas en el afloramiento, fue reconstruido a partir de una fotografía (proporcionada por Ferrusquía-Villafranca, tomada en el año de 1978 cuando se realizó el primer reporte sobre huellas de dinosaurios en México), la cual se amplió y depuró, para este fin.

Posteriormente, por separado se calcaron cada una de las icnitas sobre hojas blancas de papel bond, para realizar sobre ellas una serie de medidas que permitieron detectar el tamaño relativo de los organismos que las produjeron. Para facilitar la visualización de las diferencias morfológicas entre cada una de ellas, se estandarizaron a un sólo tamaño (16 cm) elaborándose así, formatos icnológicos que contenían los datos necesarios para su descripción (Figura 2) y finalmente catalogar las huellas por localidad.

El estudio se basó principalmente en huellas aisladas, ya que se reconocen pocos rastros. A pesar de que se había considerado que las huellas aisladas eran antes poco útiles, ya que la mayor información se derivaba de los rastros (Lockley, 1993); el estudio de las huellas aisladas de México, muestra que no necesariamente es así, ya que su investigación cuidadosa ha permitido incrementar el conocimiento sobre la diversidad de este grupo, así como establecer la continuidad

física de la dinosaurofauna a lo largo del Continente Americano, enlazando localidades Norte y Sudamericanas, muy alejadas entre sí al presente.

Descripción de huellas aisladas.

La descripción sistemática de una icnita requirió la identificación de ciertos parámetros que permitieron reconocer a cada uno de los organismos. Los parámetros icnológicos utilizados fueron de dos tipos: Configuracionales y Métricos.

Los Parámetros Configuracionales se refieren a los rasgos morfológicos que es posible distinguir en una icnita; como tipo y forma de la huella; forma, número y arreglo de los dígitos; y características como marcas de cojinetes dactilares y plantares, presencia de garras y marcas del talón (Thulbom, 1990). La significación de cada una de estas características, está basada en su presencia o ausencia. Cabe aclarar que la ausencia de un determinado rasgo en una icnita, no necesariamente significa que el rasgo anatómico correspondiente no exista en la estructura podial *sensu lato*; dicha ausencia puede estar ocasionada por un deficiente grado de preservación. Se consideró esta posibilidad al estudiar las icnitas.

Los Parámetros Métricos utilizados fueron de dos tipos: Lineales y Angulares (Figura 3).

i) Parámetros Lineales:

- Longitud (l).- Distancia entre el margen posterior del talón y la parte final distal del dígito III.
- Anchura (a).- Distancia entre los márgenes laterales más externos de la huella.
- Longitud dactilar total (ldIII, ldIV).- Distancia entre el margen posterior del talón y la parte final distal de cada dígito.
- Longitud dactilar basal (ldbII, ldbIII, ldbIV).- Distancia entre la parte final distal de cada dígito y la línea digital basal.
- Anchura dactilar basal (adbII, adbIII, adbIV).- Medida sobre la base de cada dígito.

-Anchura plantar (ap) -a) Medida donde termina el dígito II; b) Medida donde termina el dígito IV; c) Medida a la base de la escotadura plantar.

ii) Parámetros Angulares:

-Ángulo de divergencia entre los dígitos II-III (α).- Tomado en el margen posterior del talón.

-Ángulo de divergencia entre los dígitos III-IV (β).- *idem*.

Con estos parámetros, se obtuvieron los índices itiofontéricos que permitieron categorizar forma y tipo de huella, así como discriminar entre impresiones terópodicas y ornitópodicas, ya que se ha reconocido mediante análisis estadísticos, que cuando la proporción longitud/anchura es mayor a 1.25, se puede considerar con una probabilidad del 80%, que la huella fue producida por un dinosaurio terópodo; por el contrario, si esta relación es menor a 1.25, la impresión podría corresponder a la de un ornitópodo, con una probabilidad del 82% (Moratalla, 1988). Los índices utilizados fueron :

l/a : Relación entre la longitud de la huella y su anchura.

$ldbII/adbII$, $ldbIII/adbIII$, $ldbIV/adbIV$: Relación entre la longitud dactilar basal y la anchura basal para cada uno de los dígitos.

Se distinguieron seis tipos de huellas, con base en la relación l/a :

- Isodiamétricas: huellas en que $l = a$. Se reconocieron dos subtipos; isodiamétricas positivas (+), huellas que son del 5 al 15% más largas que anchas; e isodiamétricas negativas (-), las cuáles son del 5 al 15%, más anchas que largas.

- Subalargadas: huellas que son del 20 al 35% más largas que anchas.

- Alargadas: huellas que son del 40 al 55% más largas que anchas.

- Hiperlargadas: huellas que son del 55% o más, largas que anchas.

- Anchas: huellas que son del 20 al 25% más anchas que largas.

- Hiperanchas: huellas que son del 30% o más anchas que largas.

Las formas de las huellas reconocidas fueron las siguientes: Ovoidales, redondeadas, romboidales y elipsoidales.

El determinar las dimensiones totales de cada una de las huellas, permitió estimar el tamaño relativo corporal del dinosaurio que la produjo. Para su estimación, se han propuesto varias medidas (longitud corporal, longitud orificio nasal-cloaca, distancia gleno-acetabular *et cet.*); pero se ha considerado que la más conveniente es la distancia que hay de la cadera al suelo (Figura 4), la cual es posible calcular mediante icnitas aisladas (Thulborn, 1990). Esta distancia fue denominada por Alexander (1976) dimensión h, y además consideró que el método más simple para calcularla, consiste en multiplicar la longitud del pie por 4 ($h=4l$). En este trabajo se utilizó un método más preciso, que implica el empleo de una relación exacta de la longitud del miembro para cada grupo de dinosaurios, que se deriva del análisis sobre datos osteométricos realizados por Thulborn en 1989 (Tabla 1).

Por otra parte, se determinó el grado de preservación de las huellas, para poder distinguir entre huellas verdaderas (euhuellas) y subimpresiones (subhuellas); sin embargo, la definición científica de una buena o mala preservación no es fácil (Lockley, 1993), de tal forma que se requiere la utilización de otros criterios para poder distinguir entre uno y otro tipo de impresión. Se ha considerado que uno de los criterios para reconocer una huella verdadera, es la presencia de impresiones de piel ó de escamas, a la fecha se conocen muy pocas huellas que presenten estas características, como las del Cretácico Inferior de Colorado, referidas a un iguanodóntido y las del Cretácico Tardío de Alberta, referidas a un hadrosaurio (Lockley 1993). En este caso en particular, ninguna de las impresiones reconocidas presenta marcas de piel ó escamas, por lo que se utilizaron otro tipo de características para su categorización.

Se consideraron huellas verdaderas, a aquellas impresiones con un mayor grado de definición en su contorno, en las cuáles se distinguen con claridad impresiones de los cojinetes

dactilares y plantares, así como el margen de las mismas; de igual forma que fueran moderadamente profundas, lo que representa un equilibrio entre la fuerza del sustrato y la ejercida por el miembro (*pes*), ya que una huella poco profunda es casi imperceptible, debido a que el sustrato no ha cedido a la fuerza del pie, mientras que cuando es muy profunda, indica un sustrato excesivamente blando que opone poca ó ninguna resistencia y a menudo se colapsa sobre la huella al retirar el pie (Lockley, 1993). Las subimpresiones son huellas poco profundas con márgenes difusos, que quedan marcadas en los estratos subyacentes al de la huella verdadera; a diferencia de las huellas, éstas son con frecuencia las únicas que se conservan en el registro litoestratigráfico.

Descripción de rastros.

Para el caso de formas bípedas, se consideró como un rastro a la presencia de tres o más icnitas consecutivas pertenecientes a un mismo animal, progresando en una determinada dirección (Peabody, 1948), mientras que si eran cuadrúpedas, se requería mínimo la presencia de 6 icnitas (Peabody, 1948; Sarjeant, 1975). Cuando fue posible reconocer un rastro, se le distinguía con una letra mayúscula y posteriormente se le realizaban las siguientes mediciones: Longitud de paso (*lp*), que es la distancia que hay del pie derecho al izquierdo o viceversa; ángulo de paso (*0*), ángulo entre una icnita izquierda, derecha e izquierda o viceversa; y finalmente la longitud de la zancada (*lz*), es decir, la distancia entre una icnita y la siguiente producida por el mismo pie. (Figura 3).

Para su descripción las localidades e icnofaunas se arreglaron geocronológicamente de la más antigua a la más reciente.

Consideraciones sobre la asignación taxonómica de las huellas estudiadas.

La asignación de una huella, refleja la anatomía del individuo que la produjo, y a causa de la correlación morfológica que tienen todos los componentes que lo forman; el estudio de éstas permite obtener una aproximación acerca de la identidad taxonómica de tal individuo.

En la naturaleza, la generación de las huellas no constituye un proceso deliberado que realicen los individuos, sino que registra su reposo, locomoción etc., afectada o modificada por algún aspecto conductual. El registro de las huellas se ve influido también por la naturaleza del sustrato, y evidencia la respuesta de este a la compresión ocasionada por el apoyo del pie o mano sobre el mismo.

Con esto en mente, es claro que el poder de resolución informativa que tienen las huellas es real, pero limitado y que la decodificación de la información así registrada, requiere una consideración y evaluación cuidadosa de las variables aquí mencionadas.

En este sentido cabe destacar que existen dos conjuntos de variaciones en la configuración de las huellas, los cuales han sido designadas como azarosas y no azarosas (Thulborn, 1990), ocasionadas claro está por distintos factores; en el primer caso, individuos del mismo grupo taxonómico podrían generar huellas con configuraciones diferentes a causa de estar producidas en sustratos de distinta composición y/o textura, por ejemplo, arena vs. limo; limo seco vs. limo húmedo vs. limo muy húmedo; la pendiente del sustrato, lo resbaladizo del sustrato al momento de caminar, la respuesta del individuo a un determinado estímulo, *et cet.*

Las segundas tienen relación con la identidad taxonómica del individuo generador, modificada por diversos factores de variación intraespecífica, intragenérica o intrafamiliar, tales como individualidad, edad, tamaño, sexo, posición habitual de marcha y comportamiento gregario o individual de los organismos.

Con objeto de expresar de manera inequívoca los componentes taxonómico e individual de una huella, se usaron los términos Morfotipo y Expresión Mórfica (EM). El primero corresponde a la configuración fundamental de una huella en función de la identidad taxonómica del individuo que la produce; el nivel de identidad que puede quedar expresado y puede ser reconocido en una huella de dinosaurio raramente corresponde a una especie biológica, con mayor frecuencia corresponde a una familia, o grupos de familias estrechamente emparentados y su reconocimiento se apoya en el carácter distintivo (o con variaciones de amplitud muy corta) de los rasgos fundamentales de la huella, tales como, los parámetros configuracionales y métricos (cf. pp. 12; 13). Cabe destacar que la base de datos disponible para todos los géneros y familias de dinosaurios que permite establecer esta relación es limitada (Weishampel, 1990), por lo cual existe cierta vaguedad inherente en algunos casos.

La Expresión Mórfica constituye cada una de las configuraciones individuales de una huella manual o podial que registran o imprimen alguna modificación o desviación con respecto a la configuración fundamental o morfotípica, en consecuencia quedan aquí registradas tanto las modificaciones ocasionadas por factores azarosos como los no azarosos. De esta manera, se tienen dos niveles de apreciación en el estudio de cada huella individual que permite discriminar los diferentes factores y obtener una aproximación confiable a la identificación taxonómica.

Abreviaturas.

Las abreviaturas en este trabajo son: a: anchura, adl: anchura dactilar basal, ap: anchura plantar, cm: centímetro, e: valor estimado, E: Este, EM: expresión mórfica, h: distancia de la cadera al suelo, IGCU: Instituto de Geología Ciudad Universitaria, IGM: Instituto de Geología UNAM, México, km: kilómetros, l: longitud, ldb: longitud dactilar basal, ldt: longitud dactilar total, m: metros, mm: milímetros, msnm: metros sobre el nivel del mar, N: Norte, EN: Noreste, NW: Noroeste, S: Sur, SE: Sureste, SW: Suroeste, y W: Oeste

LA DINOSAURICNOFAUNA XOCHITLAPILCO, JURÁSICO MEDIO, HUAJUAPAN DE LEÓN, MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA.

MARCO GEOGRÁFICO.

Localización.

El área de estudio se encuentra en la Región Noroccidental de Oaxaca, que corresponde a parte de la Mixteca Alta Oaxaqueña (Lámina I), entre los 17° 42', 17° 50' Lat. N y los 97° 45', 97° 52' Long W (Lámina II), tiene forma cuasi cuadrangular, cuyo lado mayor mide 12.85 km. y el menor 12.35 km.; con una superficie que alcanza los de 158.69 km² aproximadamente. Político-administrativamente el área incluye parte de los siguientes Municipios: Huajuapán de León (mayor parte del área), San Marcos Arteaga (rincón suroccidental) y San Jerónimo Silacayoapilla (porción noroccidental).

Acceso.

La principal vía de acceso es la Carretera Federal 49, la cuál se convierte en la Carretera Federal 15 al pasar el poblado de San Francisco Yosocuta, recorre el área en dirección NE-SW, une a las Ciudades Huajuapán de León y San Marcos Arteaga; y de igual forma enlaza a las poblaciones Santa María Xochitlapileo y San Francisco Yosocuta. Las demás vías de acceso son caminos de terracería que unen a otras poblaciones. De Santa María Xochitlapileo se desprende al SE, un camino de terracería que conduce a San Pedro Yodoyuxi, mientras que a la salida de la Ciudad de Huajuapán de León por la Carretera Federal 49, se desprende al oeste un camino ahora pavimentado que conduce a San Jerónimo Silacayoapilla.

Población y Cultura.

La población que existe en el área es relativamente grande. Los principales asentamientos con rango de Cabecera Municipal son: Huajuapán de León, San Jerónimo Silacayoapilla y San Marcos Arteaga. Al primero pertenece la mayor parte del área, e incluye a los poblados Santa María Xochitlapilco, San Francisco Yosocuta, San Pedro Yodoyuxi, Solano, Acatlilma, Saucitlán y El Molino; su población conjunta es de 33542 habitantes aproximadamente. San Jerónimo Silacayoapilla ocupa una pequeña parte en el área de estudio, al igual que San Marcos Arteaga que incluye a la Ranchería Santa Cecilia.

En las cabeceras municipales se imparte educación desde básica hasta nivel medio superior. Las principales actividades económicas son: la agricultura, que es la base de la economía; la ganadería, en la cual se cría a mediana escala ganado bovino, especies menores y aves de corral; pesca de trucha y mojarra.

Rasgos Geomórficos.

Los principales geomorfos son: la meseta disectada de Huajuapán de León ligeramente inclinada hacia el SW y que corresponde localmente a la cuenca del Río Mixteco, cuya dirección principal es NW-SE y fluye hacia este punto, y en la subárea Yosocuta-Xochitlapilco, corta profundamente a las unidades litoestratigráficas presentes, formando un cauce angosto y encañonado, que se aprovechó para construir una presa en Yosocuta. El otro geomorfo es el montañoso, constituido por montañas tipo bloques que bordean al oriente y al occidente a la meseta señalada y tiene una altitud mínima de 1600 msnm; la elevación principal es el Cerro el Ocote, ubicado a los 17° 46' Lat N y 97° 51' Long W con una altitud de 2100 msnm.

Rasgos Hidrográficos.

El recurso hidrográfico principal es el Río Mixteco y sus afluentes, así como la Presa Yosocuta, al sur del poblado del mismo nombre.

Clima.

El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano A(C)W_o(W), la precipitación pluvial fluctúa entre 712 - 867 mm, siendo el régimen de lluvias de Junio a Septiembre.

Biota.

La vegetación natural predominante consiste de una gran variedad de cactáceas. La vertebradofauna es variada, debido a su ubicación netamente tropical.

MARCO GEOLÓGICO.

Antecedentes.

El Área Huajuapán de León - San Marcos Arteaga, Oaxaca Noroccidental, donde se ubica la localidad portadora de las huellas de dinosaurios, se encuentra en la Región Mixteca, cuyo territorio aloja importantes recursos naturales, tiene una gran complejidad geológica, y en consecuencia ha sido objeto de numerosos estudios que datan del siglo pasado (*cf.* Felix & Lenk, 1899), y que conforman una vasta literatura inédita y publicada (*cf.* González-Reyna, 1962; Ferrusquía-Villafranca, 1976; Enciso-de la Vega, 1990; Geomex, 1994); empero subsisten aún problemás básicos referentes a su constitución y evolución geológica / tectónica (*cf.* Morán-Zenteno *et al.*, 1988; 1993; Sedlock *et al.*, 1993; Ferrusquía-Villafranca, 1993b). La Lámina I, ilustra la interpretación geológica regional comúnmente aceptada, y que muestra un basamento metamórfico paleozoico (El Complejo Acatlán), flanqueado al este y oeste por la secuencia mesozoica, y que en conjunto forma un gran pilar tectónico, delimitado hacia el este y suroeste por sendos grábenes ocupados por la secuencia cenozoica (volcánica y sedimentaria continental). Precisamente, el área de estudio se ubica en el flanco oriental de este gran pilar o horst (Lámina II).

Cabe destacar que la interpretación geológica adoptada para el Área Huajuapán de León - San Marcos Arteaga, Oax., (Figura 5; Lámina II) se apoya en investigación de campo realizada por Ferrusquía en 1972-75, 1982 y 1994, referente a los estudios geológico-paleontológicos en la Región Mixteca; y que difiere (en algunos aspectos considerablemente) de las interpretaciones publicadas al presente (*cf.* Ferrusquía-Villafranca & Comás-Rodríguez, 1988; González-Torres, 1989 y Morán-Zenteno *et al.*, 1993), reflejando el avance logrado en el conocimiento.

Litoestratigrafía y Estructura del Área Huajuapán de León- San Marcos Arteaga.

Litoestratigrafía: La unidad más antigua es el Complejo Acatlán (Figura 5), aflora en la porción occidental formando las montañas más altas del área (1750 a 2020 msnm), las cuales están cubiertas por un bosque de pino-encino; está localmente constituido por roca verde (granulita de piroxena) y esquistos de biotita y sericita, que muestran una foliación de ángulo mediano (30° a 40°), toscamente dirigida al este. Cerca de San Francisco Yosocuta, sobre la Carretera Federal 49, se observa un afloramiento que muestra a la secuencia jurásica (i.e., el Grupo Tecocoyunca), sobreyaciendo en discordancia a el Complejo Acatlán; sin embargo, hacia el oeste de San Jerónimo Silacayoapilla, en la porción noroccidental del área, la relación entre estas dos unidades es por falla normal, ocupando el Grupo Tecocoyunca el bloque caído; y otro tanto se observa al occidente del Rancho Saucitlán. Hacia el sur, el Complejo está en contacto por falla normal con el Conglomerado Tamazulapan, que rellena el Graben Arteaga, y con la Caliza Teposeolula.

La secuencia jurásica está representada por el Grupo Tecocoyunca (*partim*) y por la Unidad Argilocalcárea Innombrada (Figura 5, Lámina II). El primero fue originalmente propuesto por Erben (1956), para el conjunto de unidades continentales, transicionales y marinas que sobreyacen al Grupo Rosario, portador de la Flora Liásica El Consuelo (Wieland, 1912; Person & Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1984), en la zona geográfica de Tezoatlán-El Consuelo, unos 20 km al sur franco del área de estudio.

La descripción y caracterización que hizo Erben (1956) de las distintas unidades del Grupo Tecocoyunca (que en orden ascendente son las Formaciones Zorrilla, Taberna, Simón, Otatera, Yucuañutí y "Caliza con *Cidaris*"), es deficiente, y se apoya en gran medida en su contenido taxonómico fósil (Erben, 1956), por lo que el reconocimiento de ellas fuera de sus áreas tipo, es prácticamente imposible (*cf.* González- Torres, 1989). Ante esta dificultad, otros autores que han investigado el Jurásico en la región, han evadido el problema del reconocimiento y han preferido

erigir nuevas unidades litoestratigráficas (cf. Pérez- Ibarquingoitia *et al.*, 1965; Ortega- Guerrero, 1989), algunas de ellas han sido aceptadas acriticamente (cf. Morán-Zenteno *et al.*, 1993). Todo ello evidencia, la necesidad de revisar a fondo la litoestratigrafía jurásica de La Mixteca, para determinar a las unidades que satisfaciendo los requisitos del Código Estratigráfico vigente (NACSN, 1983), puedan inequívocamente reconocerse, y permitan entender la constitución y evolución geológica y tectónica del Jurásico en esta parte del territorio nacional.

La secuencia jurásica que aflora en el Área Huajuapán de León - San Marcos Arteaga, es continuación - por lo menos parcial- de la secuencia descrita por Erben (1956) en el Área Tezoatlán - El Consuelo, por lo que en principio podrían haberse reconocido las distintas formaciones ahí propuestas, sin embargo ello no fue posible a causa de la deficiente Caracterización original: por lo tanto, se prefirió tratarlas conjuntamente como Grupo Tecocoyunca (*partim*) y Unidad Argilocalcárea Innombrada; así, la nomenclatura formal no se modifica mucho, se evita confusión nomenclatural y se evidencia una vez más, la necesidad de revisar a profundidad la litoestratigrafía jurásica de la región.

El Grupo Tecocoyunca (*partim*) tiene en el área un espesor aproximado de 1000 a 1250 m, ocupa la porción central de ella, entre los poblados de Xochitlapilco, Yosocuta y Silacayoapilla, forma cerros y lomas alargadas en sentido NNW-SSE separadas por lomas argilocalcáreas. Está constituido por una secuencia fino a crasogranuda cuarzo-filarenítica, de color pardo oscuro a rojo grisáceo pálido, dispuesta en estratos laminares a masivos, que en conjunto reflejan un complejo deltáico.

Las variedades finoclasticas a finogranudas incluyen limolita argilácea, limolita y arenisca finogranuda. Los clastos de amazón están formados por cuarzo de extinción ondulante o recta, biotita y algunos máficos muy alterados (anfíbola ?); la plagioclasa es escasa; la matriz incluye arcilla hematizada o limonitizada, microcristales de óxidos de hierro, de cuarzo, mica y de calcita;

la estratificación es laminar a delgada; se aprecian marcas de olenje; en estratos constituidos por esta variedad se encuentran la huellas de dinosaurios.

Las variedades mesoclásticas (arenisca y conglomerado granular), difieren de las anteriores en una mayor cantidad de plagioclasa (sódica), llegando a ser cuarzo-filarenitas feldespáticas; texturalmente son inmaduras tanto por la angularidad de los granos, como por la pobre clasificación y la abundancia de matriz; están dispuestas en capas delgadas, medianas y a veces gruesas, que con frecuencia muestran estratificación cruzada planar y festoneada.

Los conglomerados son de tipo elasto-sostenido, formados por grava y cantos derivados de metamorfitas (granulita, esquisto, gneis) y en mucho menor grado por otras rocas (iguitas oscuras y pedernal); están dispuestos en estratos gruesos a masivos.

Las diversas variedades forman paquetes de estratos de espesor variable, que se alternan irregularmente, en general predominan las variedades mesoclásticas. La secuencia forma dos cuerpos o bloques de rumbo NNW- SSE, separados por uno mucho más angosto, argilocalcáreo, cubierto por cactáceas (órganos unicaules bajos) calcifilas; en el terreno, el contacto es abrupto y está marcado no sólo por el cambio en la coloración del terreno (pardo a gris claro), sino por el de la vegetación (matorral espinoso de mimosoideas a cactáceas bajas unicaules). El bloque occidental es homoclinial, inclinado suave a moderadamente (10° a 35°) hacia el ENE, quedando en contacto discordante (angular) con el bloque argilocalcáreo, que la sobreyace, el cuál hacia el oriente queda en contacto por falla con el bloque oriental (caído); éste es estructuralmente más complejo que el occidental, parece formar un anticlinorio afectado por fallas de rumbo NNW- SSE, y que está delimitado hacia el este por una gran falla normal que lo pone en contacto con la secuencia cenozoica (la cual ocupa el bloque caído). En la parte occidental de este anticlinorio, se encuentra la localidad fosilífera (Lámina II).

Con relación a la paleontología y edad del Grupo Tecocoyunca (*partim*), se tiene que, los fitofósiles tienen en general una preservación pobre, se pudo reconocer *Otozamites* sp. ; entre los invertebrados fósiles están *Vaugonia costata* y *Astarté* sp. , que permiten ubicar localmente al Grupo Tecocoyunca en el Jurásico Medio. Hacia el sur, González-Torres (1989, p. 66), reporta para esta unidad la presencia de los amonitas *Stephonuceras* sp., *Zigzagiceras* sp. y *Parastrenoceras*, indicativos del Jurásico Medio (probablemente Bajociano Temprano a Bathoniano Temprano); es con base en esta información, que se asigna esta edad al Grupo Tecocoyunca (*partim*).

Con relación al ambiente deposicional en que se originó el Grupo Tecocoyunca (*partim*), puede decirse que sus rasgos texturales y estructurales primarios, sugieren un ambiente transicional, heterogéneo, que corresponde en conjunto al de un complejo deltáico, con facies palustres, fluviales, de playa y de mar somero adyacente complejamente interrelacionadas, en un marco climático tropical. Los componentes paleobióticos identificados, son congruentes con este escenario geográfico.

El Grupo Tecocoyunca (*partim*) es correlacionable al menos parcialmente con las Formaciones Todos Santos y San Ricardo de Chiapas (Quezada-Muñetón, 1984; Salvador & Quezada-Muñetón, 1991), la Formación Yogana de Oaxaca Central (Wilson & Clabaugh, 1970), y con la Formación Huayacocotla del centro- este de México (Salvador & Quezada-Muñetón, 1991).

La otra unidad jurásica, es la aquí designada Unidad Argilocalcárea Innombrada , que sobreyace en discordancia angular al Grupo Tecocoyunca (*partim*), como se mencionó anteriormente. La complejidad constitucional del Jurásico en la Región Mixteca, así como la falta de una revisión estratigráfica exhaustiva, y la necesidad de evitar la confusión, condujeron a proponer esta unidad litoestratigráfica informal, en lugar de referir la secuencia respectiva, a alguno de los taxa que se han utilizado para describir a las unidades jurásicas tardías de la región, tales como Formación Yucuñutí y "Caliza con *Cidaris*" (Erben, 1956); Caliza Chimeco y

Formación Mapache (Pérez-Ibargüengoitia *et al.*, 1965; Morán-Zenteno *et al.*, 1993). Ello obedece además a que el *status* formal de estas unidades es cuestionable (NACSN, 1983), en ausencia de la revisión mencionada, así como a que la constitución de esta unidad argilocalcárea, no corresponde plenamente con ninguna de las mencionadas.

La Unidad Argilocalcárea aflora en la parte central del área (Lámina II), donde forma largas y bajas lomas orientadas en dirección NNW- SSE, que forman un bloque angosto dispuesto entre los bloques occidental y oriental del Grupo Tecocoyunca (*partim*); tiene un color gris clara que varía a gris oscuro y a gris amarillento; su espesor es de 600 a 1000 m; está constituida por una secuencia de argilita calcárea, micrita margosa cuarcítica y limolita calcárea cuarcítica, que varía de deleznable a moderadamente litificada; es poco fosilífera y está formando capas laminares a delgadas y medianas. En la parte baja se recolectaron algunos invertebrados marinos (el pelecípodo *Lucina potosina* entre otros), sugestivos de una edad jurásica tardía (Alencaster, 1963; Pérez-Ibargüengoitia *et al.*, 1965). Esta unidad se originó en un ambiente marino somero sujeto a extenso influjo terrígeno finoclastico.

La abundancia de arcilla le confirió a esta unidad una gran plasticidad en su respuesta a los procesos de deformación, de modo que en su parte más angosta, la Unidad Argilocalcárea tiene sus estratos fuertemente inclinados (de 45° a casi verticales) hacia el este (Lámina II), en tanto que en su porción más amplia (cerca de El Solano, Lámina II), parece formar un complejo anticlinorio-sinclinorio de rumbo NNW- SSE, afectado por fallas tanto con este rumbo como oblicuas a él, que la ponen en contacto con el Grupo Tecocoyunca (*partim*), la Caliza Teposcolula o la secuencia cenozoica (Lámina II).

Finalmente, para concluir la descripción de esta unidad, cabe señalar que debido a la incertidumbre que existe sobre la taxonomía litoestratigráfica del Jurásico Superior en la Región Mixteca, se considera inconveniente el señalar su posible correlación.

La Caliza Teposcolula (Salas, 1949; Ferrusquia-Villafranca, 1976), es la única unidad cretácica que aflora en el área de estudio; forma lomas bajas y alargadas situadas al noroeste de Huajuapán de León y al este de San Marcos Arteaga (Lámina II); está constituida por caliza micrítica y biopelmicrítica bien litificada, parcialmente dolomitizada y recristalizada, de color gris claro que intemperiza a gris amarillento, dispuesta en estratos gruesos a masivos. Representa sedimentación marina somera en ausencia de contaminación terrígena. Forma bloques homoclinales fuertemente inclinados, por lo común hacia el noreste (Lámina II), y que se encuentran delimitados por fallas normales.

La secuencia cenozoica incluye a un conglomerado calcilítico muy similar al Conglomerado Tamazulapán, con el que se le identifica con cierta duda; tiene un espesor de 150 a 200 m, ocupa la base de la secuencia y aflora en las inmediaciones de Huajuapán de León y de San Marcos Arteaga (Lámina II); está constituido por cantos y matatenas de caliza micrítica (similar a la que forma la Caliza Teposcolula), bien litificados, elasto-sostenidos, dispuestos en una matriz arenolimoso de color rojizo (hematizada), que forman estratos gruesos a masivos, de inclinación suave a moderada (10° a 20°) y rumbo diverso (Lámina II).

El Conglomerado cubre discordantemente a la Caliza Teposcolula y subyace a la Unidad Piroclástica Incompleta; ésta es una secuencia de tobas y lapilitobas félsicas (riolíticas a riodacíticas), de textura y grado de soldamiento variables, emplazadas principalmente por flujo cinéreo; sus colores son claros (gris claro, verde oliváceo, rosa pálido y amarillo crema son los más comunes); están formadas por varias unidades de flujo y afloran en la porción oriental del área; su espesor es de 150 a 200 m; y forman lomas bajas amesetadas (Lámina II).

La Unidad Lávica Incompleta sobreyace en discordancia a la secuencia piroclástica, aflora en el rincón nororiental del área, cerca de Huajuapán de León, donde forma lomas aguzadas; está constituida por derrames lávicos de andesita, de clinopiroxena y riolita.

Un pequeño cuerpo hipabisal, aquí designado Manto La Quebrada, intrusión al Grupo Tecocoyunen (*partim*) en la barranca homónima (Lámina II), muy cerca de la localidad fosilífera; está constituida por andesita basáltica y cuarzoandesita de piroxena, de color gris oscuro. Aunque no se disponen de fechas radiométricas, y a pesar de que se han reportado cuerpos ígneos (volcánicos) mesozoicos hacia el sur (Unidad Diquiyú, en la adyacente Área Tezoatlán-El Consuelo, (González-Torres, 1989); se asignó esta unidad al Terciario, por su afinidad composicional con la Unidad Lávica Innombrada, por el bajo grado de intemperización que muestra, y por analogía con intrusivos hipabisales presentes en el área mencionada (*op. cit.*).

Depósitos cuaternarios aluviales (a lo largo del Río Mixteco) y suelos, completan la secuencia cenozoica.

Edad, Correlación y Otras Consideraciones sobre la Secuencia Cenozoica.- No se encontraron fósiles ni se dispone de fechas radiométricas, por lo que la asignación de la edad cenozoica de la secuencia, se apoya en la posición estratigráfica de las diversas unidades entre sí, y del Conglomerado con respecto a la Caliza Tepeseolula. La discriminación estratigráfica del Cenozoico Continental de México es poco satisfactoria (Ferrisquía- Villafranca, 1976); así mismo el *status* formal de unidades tales como Capas Huajuapán (Salas, 1949), Formación Huajuapán (Erben, 1956) o Grupo (*sic*) Balsas (Fries, 1960), que se han propuesto para cuerpos de roca cenozoicos de la región, es ampliamente cuestionable, ya que en general no se satisfacen los requisitos de la práctica geológica (CANE, 1961, 1970; NACSN, 1983), por lo que se decidió no utilizarlos, a fin de no incrementar la confusión nomenclatural existente; por esta misma razón, se considera prudente no explicitar la posible correlación estratigráfica de las unidades innominadas descritas en este estudio.

Estructura.- La descripción detallada de los rasgos geológico-estructurales secundarios del Área Huajuapán de León-San Marcos Arteaga, Oax., queda fuera de los objetivos de este trabajo;

los principales han sido descritos ya al tratar a las diversas unidades litoestratigráficas. En este apartado sólo se agregará, que en conjunto el basamento metamórfico y la secuencia mesozoica, forman un pilar tectónico o horst, cuyo rumbo NNW-SSE, y que la secuencia cenozoica ocupa una amplia fosa tectónica o graben en el oriente (Huajuapán- El Molino y zonas adyacentes) y una más pequeña en el suroeste (San Marcos Arteaga). A su vez, el pilar o horst tiene una estructura compleja donde la secuencia jurásica ocupa una depresión que flanquea al Complejo Metamórfico Acatlán y está delimitada al norte y al sur por bloques de la Caliza Teposcolula, que parecen a su vez ocupar sendas depresiones tectónicas.

Tanto la litoestratigrafía como la geología estructural denotan una compleja historia geológica y tectónica, que distan mucho de estar adecuadamente entendidas. De hecho las reconstrucciones paleogeográficas de esta parte de México para el Jurásico, son en gran medida hipotéticas (*cf.* Smith *et al.*, 1981; Ross & Scotese, 1988; Morán-Zenteno *et al.*, 1988, 1993; Sedluck *et al.*, 1993); y su discusión queda fuera de lugar en un trabajo de esta índole; por lo cual, no se tratan aquí, y sólo se discutirán en el Apartado de Implicaciones Geológicas los datos aportados por las dinosauricnitas.

DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LAS ICNITAS.

El conjunto de impresiones y moldes, se designan formalmente como Dinosauriofauna Xochitlapilco, Jurásico Medio de Oaxaca, México. El nombre procede de la población Santa María Xochitlapilco, la cual se encuentra a 4 Km. al noreste de la localidad icnofosilífera, por la Carretera Federal 49, que une a las poblaciones Huajuapán de León y San Marcos Arteaga (Lámina II). El afloramiento tiene una extensión de 14.5 m² aproximadamente, está constituido por limolita filarenítica dispuesta en estratos laminares y la diferencia que pudo registrarse entre las láminas portadoras de las huellas no excede de 4 mm, ello significa que para todos los fines prácticos, las huellas fueron generadas al mismo tiempo, y contiene 31 impresiones (Figura 6) cuyo grado de preservación es moderado tendiendo a malo; la orientación de las mismas (Figura 7) no muestra ninguna tendencia claramente reconocible. En este conjunto de icnitas, se reconocieron 2 morfotipos distintos (Figura. 8); el primero, Morfotipo A incluye 4 EMs podiales (ω , ψ , χ , ϕ); que se interpretaron como impresiones atribuidas a dinosaurios carnívoros terópodos cehurosaurios; mientras que el otro, Morfotipo B incluye 3 EMs podiales (ν , τ , σ) y una EM manual (ρ); que se interpretaron como impresiones de dinosaurios herbívoros saurópodos. A continuación se describe y discute detalladamente cada uno de estos.

Orden Saurischia Seeley, 1877

Suborden Theropoda Marsh, 1881

Infraorden Maniraptora Gauthier, 1986

Familia Coeluridae Marsh, 1881

Gen. et. sp. indet.

Morfotipo A

EMs ω , ψ , χ , ϕ .

(Figuras. 6 y 8; Tablas 2, 3, 4, 5).

Caracterización.- Este Morfotipo en las huellas podiales se puede caracterizar por los siguientes rasgos, los cuales pueden apreciarse en su mayoría en las EMs ψ y ϕ (Figura 8).

- La porción podial de la huella es generalmente subalargada.
- Huellas tridactilares con los dígitos dirigidos hacia adelante arreglados en un patrón casi simétrico.
- El dígito III es el más largo y delgado.
- Los dígitos laterales (II, IV) son ligeramente más cortos, subiguales en longitud y más anchos.
- Los dígitos terminan en ápices aguzados.
- Las escotaduras interdigitales tienen forma de "v".
- Región plantar moderadamente ancha y en todos los ejemplares disponibles no se distingue su límite del correspondiente a la porción metatarsal.

Adicionalmente, utilizando las fotografías, dibujos y moldes de las huellas disponibles, se pudieron estimar los siguientes parámetros métricos angulares:

- La divergencia total de los dígitos es pequeña, fluctúa entre los 30°- 50°, pero en ningún caso es mayor a 60°.

- La divergencia interdigital es pequeña y variable, y en los casos en que se midió, su valor se encuentra por debajo de los 30°.

Por otra parte, la altura de la cadera al suelo estimada fluctúa entre los 60- 80 cm (Tabla 2), lo que denota dinosaurios de talla pequeña.

La porción metatarsal es ancha, su límite con la podial es difuso y su longitud no es mayor a 2 veces su anchura, esto le confiere a la huella la apariencia de una pisada "humana", es decir, una huella hiperlargada de configuración elipsoidal.

Expresión Mórfica ω .

Material referido.

Ejemplares : 1, 3, 5, 13, 22, y 24, impresiones derechas; 2, 4, 6, 23 y 25, impresiones izquierdas; IGM-7420, molde izquierdo en resina; IGM-7421, IGM-7422, moldes derechos en resina .

Descripción.- Esta expresión, es la que tiene una forma más sencilla, típicamente hiperlargada, de configuración elipsoidal, sin evidencias de dedos. A ella corresponden el 66% de las huellas de celurosaurios que se identificaron. Es el único caso en el que pudieron apreciarse rastros, a los que se designó como X, Y, Z (Figura 6). El rastro X, consiste de tres huellas dirigidas S 31°W con ángulos de paso de 165°, lo cual denota un ángulo de divergencia podial con respecto a la línea media de 10° a 15°; el rastro Y consiste de 3 huellas dirigidas N45°E, con ángulos de paso de 175°, lo cual denota un ángulo de divergencia podial respecto a la línea media de los 5°. Finalmente, el rastro Z, consiste de 4 huellas dirigidas al N36°E, con ángulos de paso de 148° y 154°, lo que denota un ángulo de divergencia podial con respecto a la línea media de los 15° (Tabla 3)

Discusión.- Como se mencionó en la descripción, la apariencia de estas huellas es diferente de la morfotípica principal por la ausencia de los dedos, por lo que se interpreta que esta impresión corresponde a la porción podial excluyendo los dedos más la porción metatarsal, sin que se pueda expresar esta doble participación cuantitativamente.

La causa de esta diferencia no se conoce con certidumbre, y desde luego, pueden aducirse varias hipótesis; una de ellas podría indicar que el estrato era inadecuado para preservar la impresión de los dedos y sólo conservó la impresión plantar y metatarsal que presumiblemente correspondían a la zona de apoyo principal. El hecho de que en el mismo estrato se encuentren huellas donde pueden apreciarse las impresiones de los dedos, hace poco probable esta explicación.

Otra posibilidad, es que la preservación de las huellas haya sido diferente, y las de esta EM no hayan conservado los dedos, tal vez por que los extremos anteriores que corresponden a las porciones dactilares se hayan perdido, nuevamente, la presencia de huellas mejor preservadas en el mismo estrato hace poco probable esta hipótesis.

Una alternativa diferente es que la posición del individuo(s) al generar esta EM fuese distinta a la que adoptaban cuando producían las otras expresiones (ψ , ϕ), y en este caso en particular, que el individuo estuviese agazapado produciendo una marcada impresión metatarsal y tal vez levantando los dedos, con lo cual, estos habrían tenido poca oportunidad de marcarse; esta actitud podría corresponder a un individuo al acecho. Sin embargo, la presencia de rastros con características similares hace poco probable esta explicación.

Finalmente, otra alternativa, es que la posición habitual de los individuos generadores de este tipo de huellas fuera semiplantigrada, y que en ciertas condiciones retrajesen los dedos y en otras los expandieran, generando entonces EMs distintas.

Los tres rastros muestran semejanzas considerables tanto en la longitud de paso, ángulo de paso y longitud de la zancada (Tabla 3); de suerte que habrían sido generados por individuos

pertenecientes al mismo grupo taxonómico. El hecho de presentarse en direcciones diversas, sugiere que en el afloramiento se preservó una pequeña zona de traslado o paso.

Expresión Mórfica ψ .

Material referido.

Ejemplares: 9, impresión derecha; 10, impresión izquierda; IGM-7423, IGM-7424, moldes izquierdos en resina; IGM-7425, molde izquierdo ? en resina .

Descripción.- Esta expresión es la que más se acerca a la morfotípica, por lo cual no se repiten los rasgos que la caracterizan; solamente el 11% de las huellas de celurosaurios fueron asignadas a esta EM. Cabe destacar que una de las huellas (10, impresión izquierda); está incompleta, porque su porción metatarsal quedó alterada por una pisada de saurópodo generada posteriormente (Figura 6).

Discusión.- Cabe destacar que el número tan reducido de huellas de esta EM, sugiere que las posibilidades de preservación de impresiones completas haya estado restringido, o bien, que la actitud y posición del individuo al generarlas haya sido diferente a la que adoptaban cuando produjeron las expresiones mórficas del tipo anterior.

Expresión Mórfica χ .

Material referido.

Ejemplares: 16, impresión derecha; 29, impresión izquierda?.

Descripción.- Solamente el 11% de las huellas de celurosaurios se asignan a esta expresión, en ellas únicamente se distingue el dígito más externo (IV) (Figura 8); y junto de éste, se encuentra una extensión lobular con una anchura correspondiente a lo doble de la de un dígito individual, y que se interpreta como una impresión formada por dos dígitos juntos. En general, la preservación es moderada tendiendo a mala. El resto de las características es semejante a la morfotípica.

Discusión.- La interpretación de la lobulación anterior como formada por dos dedos momentáneamente juntos se apoya en que la anchura de su base es equivalente a la de dos veces un dedo individual. Esto, asociado a la mala conservación sugiere que el sustrato en el momento de la pisada probablemente tenía un coeficiente de fricción muy bajo, lo cual habría obligado a modificar, la posición habitual de los dedos para mantener al individuo en equilibrio.

Otra alternativa sería la sindactilia de los dedos II y III, que habrían generado entonces una huella lobulada de gran amplitud, como la observada en esta EM. Sin embargo, el hecho de que sólo dos de las huellas celurosaurias muestran este rasgo y, muy significativamente el hecho de que la sindactilia no ha sido documentada en los dinosaurios (*cf.* Weishampel, 1990; Norman, 1992); hacen muy poco probable esta interpretación, y es por esto que se le descarta.

Expresión Morfeca ϕ .

Material referido.

Ejemplares: 15, impresión izquierda?; 31, impresión derecha.

Descripción.- Sólo el 11% de las huellas se asignan a esta expresión; los rasgos principales que presentan estas impresiones son : huellas dactilares relativamente cortas, dos de ellas aguzadas y otra subredondeada; la porción podial muestra una anchura equivalente a la de la EM ψ ; los otros rasgos son semejantes a los que caracterizan al morfotipo.

Discusión.- Las diferencias en la configuración, sugieren también que se deban a el acomodo de la extremidad podial con bajo coeficiente de fricción. La configuración subredondeada del dígito II, puede obedecer a causas diversas, entre ellas pueden invocarse : variación individual, una respuesta diferencial de apoyo sobre el sustrato, o ser un efecto aleatorio relacionado con la preservación. Lo reducido de la muestra, no permite una evaluación de estas causas y de sus implicaciones.

Discusión general del Morfotipo.- La información disponible, a pesar de su pequeñez, es de enorme significación y tiene aspectos diversos; a continuación se tratan los principales:

A) Asignación Morfotípica.- Las 18 huellas referibles a este Morfotipo (Figuras 6, 8; Tablas 2-5) comparten una configuración y tamaño semejante, caracterizado por la presencia de una impresión metatarsal continua e indistinguible de la podial, lo cual le confiere a la huella una forma hiperallargada elipsoidal de apariencia burdamente "humana". Otro rasgo de la configuración es la presencia de impresiones dactilares en 6 de las 18 huellas, las cuales tienen una forma semejante a las 12 que no muestran dichas impresiones, enlazando así ambos rasgos como propios de una configuración básica. En este sentido es particularmente ilustrativa la huella número 9, que corresponde a la EM ω , es decir de una huella hiperallargada de configuración elipsoidal simple con huellas dactilares reconocibles.

Con relación al tamaño, cabe destacar que la anchura en ningún caso excede dos veces la longitud, y en términos absolutos reflejan individuos con una altura a la cadera del orden de 60- 80 cm, lo cual queda confirmado por los rastros identificados. Estas semejanzas se atribuyen a que las huellas han sido generadas por individuos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico.

B) Justificación Taxonómica.- Las huellas poliales atribuidas a celurosaurios han sido caracterizados de la siguiente manera (cf. Lull, 1953; Thulhora & Wade, 1984; Thulborn, 1990):

1.- Huellas suballargadas-allargadas con una anchura equivalente al 70- 75% de la longitud de la huella.

2.- La mayoría miden menos de 20 cm de largo.

3.- Huellas mesaxónicas tridactilares con los dígitos dirigidos hacia adelante arreglados en un patrón casi simétrico y normalmente terminan en garras.

4.- Los dígitos laterales son ligeramente más cortos, subiguales en longitud y más anchos que el dígito principal, que es el más largo y delgado.

5.- La divergencia total de los dígitos es comúnmente de 45° a 50°, los 3 dígitos usualmente divergen en ángulos inferiores.

6.- La mitad posterior de las huellas es más angular y con forma de cuña en su margen, a menudo con un prominente cojinete metatarsalángico detrás del dígito IV.

7.- El ángulo de paso varía de 150°-180°, lo cual indica un ángulo de divergencia podial muy agudo, y en consecuencia los rastros que se observan son angostos.

Prácticamente casi todas estas características se observan en las diferentes expresiones mórficas; cabe destacar que el rasgo 6 no puede ser evaluado dada que no se distingue el límite plantar-metatarsal.

i. Las 18 huellas que constituyen este morfotipo son subalargadas.

ii. La porción podial en ningún caso excede los 21 cm, de hecho, la longitud máxima estimada es de 18.6 cm (EMs ψ , ϕ).

iii. En las huellas donde se reconocen impresiones dactilares, se aprecia su carácter mesaxónico (EMs ψ , χ , ϕ); y en aquellos casos en los que se distinguen los dígitos laterales, estos son ligeramente más cortos, anchos y subiguales en longitud (EMs ψ , ϕ).

iv. Los dígitos usualmente divergen en ángulos inferiores, como máximo de 28° (Tabla 4). Sin embargo, cabe destacar, que tienen carácter estimativo, en virtud de que el límite posterior de la porción podial no es claramente discernible.

v. Los rasgos de los rastros concernientes a la longitud de la zancada, ángulos de paso que indican ángulos de divergencia podial con respecto a la línea media agudos, por lo tanto estrechos son también claramente reconocibles (EM ω ; Tabla 3).

Por otra parte, la dimensión h estimada para este morfotipo, oscila entre 0.6 - 0.8 m, lo cual corresponde a individuos de alturas de 1.20- 1.60 m, con huellas podiales de 15- 18 cm de longitud (Tabla 2). Esto significa que los dinosaurios generadores de las huellas del Morfotipo A, tenían

alturas de aproximadamente el 40%- 60% de los celurosaurios de mayor talla (2- 3 m) descritas al presente (cf. Lambert, 1983 pp. 42- 47).

La modesta variación en el tamaño de las huellas, sugiere que sólo un grupo-edad estaba representado, es decir, parecería que no están presentes individuos juveniles (presumiblemente más pequeños); con adultos (presumiblemente más grandes). La información disponible no permite discriminar cual de estos grupos se encuentra efectivamente presente aquí, pero análogas en reptiles modernos (cf. Romer, 1956); indican que los juveniles forman una pequeña fracción de una población cualquiera. De ser esto aplicable en este caso en particular, se consideraría como más probable que las huellas hayan sido producidas por organismos adultos.

En consecuencia, la coincidencia de todos estos caracteres en conjunto, considerados como diagnósticos de las impresiones podiales de dinosaurios referibles a la familia Coeluridae, justifican la asignación de las huellas de este morfotipo, a dicha familia. Además, cabe destacar, que los celurosaurios constituyen los terópodos pequeños más comunes durante el Jurásico (Weishampel, 1990; Norman, 1992); por lo tanto no sorprendería que los dinosaurios generadores del Morfotipo A, preservados en estratos que por evidencia independiente son referibles al Jurásico Medio, perteneciesen también a esta familia.

Finalmente, la sistemática de los Coeluridae, tienen considerables problemas que conciernen no sólo al número de los géneros válidamente reconocidos, sino también a su alcance estratigráfico y aun a la caracterización de la propia familia, de modo que la concepción de ésta y los géneros que la integran, varían significativamente de autor a autor (cf. Lambert, 1983; Carroll, 1988; Norman, 1990, 1992). Este problema se complica aún más, cuando se consideran los icnogéneros e icnofamilias referibles a los celurosaurios; por ejemplo, el icnogénero *Grallator* propuesto por Hitchcock en 1858, para dinosauriinitas bípedas teropódicas pequeñas, tridactilares, con cojinetes falángicos claramente reconocibles y garras acuminadas bien desarrolladas,

procedentes de estratos triásicos tardíos de Norteamérica Nororiental (in: Lull, 1953), supuestamente ha sido reconocido en la Formación Sousa del Cretácico Temprano de Brasil, y en la Formación Fengjihai del Jurásico Temprano de China. De ser estas identificaciones taxonómicas correctas, ello implicaría que este icnogénero ha persistido por lo menos 120 millones de años, y con una distribución prácticamente cosmopolita, que incluiría a 3 continentes (Norteamérica, Sudamérica y Asia); a pesar de que cada uno de ellos estuviera sujeto a una compleja evolución tectónica y paleogeográfica durante ese lapso.

En consecuencia, el poder de resolución informativo de este icnogénero quedaría muy restringido, tanto geocronológica como geográficamente, por lo cual la utilidad derivada de su proposición formal es mínima. A causa de ello, en el presente trabajo se considera que no es conveniente intentar una identificación taxonómica más precisa, es decir, asignar el morfotipo a alguno de los géneros de la sistemática lincana o proponer un nuevo icnogénero, ya que la base informativa derivada del tamaño de la muestra es sumamente reducido, por lo tanto la utilidad práctica de la proposición sería también muy escasa y cuestionable.

En cambio, se prefirió tomar una actitud más conservadora, en que se hace un esfuerzo por establecer algunas de las características principales de los dinosaurios generadores de este morfotipo, a pesar de que su identidad taxonómica con la información disponible no pueda precisarse más allá de familia.

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- El alcance geocronológico de esta familia se extiende del Triásico Tardío al Cretácico Tardío (Norman, 1990); su distribución en este lapso es cosmopolita e incluye localidades en el Hemisferio Norte y Sur. La evidencia independiente presentada en el Apartado de Geología muestra que el Grupo Tecocoyunea *partim*, portador de la Dinosauriofauna Xoehixtlapilco es de edad jurásica media. Para este lapso se conocen huellas atribuidas a celurosaurios en Brasil y Argentina (Leonardi,

1989); en China (Shouan *et al.*, 1989); y se conocen huellas de terópodos pequeños de esta edad en Europa y Australia (Weishampel, 1990). En consecuencia, la presencia de huellas referibles a celurosaurios en Xochitlapilco, Oax. constituye el primero y más austral registro de esta familia para Norteamérica.

D) Consideraciones Paleoecológicas.- Comúnmente los terópodos han sido interpretados como carnívoros en su mayoría, y los celurosaurios, que son individuos gráciles pero en general de cráneos pequeños (Norman, 1990); entre 10- 20 cm por lo común, con una apertura bucal máxima probablemente de la mitad de esta dimensión; han sido considerados como omnívoros, es decir, con una dieta variada que probablemente incluía invertebrados terrestres y acuáticos, tetrápodos pequeños (lacertilios, anfibios), probablente carroña, *et cet.* (Romer, 1956; Carroll, 1988 y análisis de morfología craneal en Norman, 1990). En el caso de las huellas de Xochitlapilco la ausencia de garras de gran tamaño, observables por ejemplo en dromaerosaurios, es decir, en terópodos carnívoros estrictos, hace suponer que los celurosaurios de esta localidad no tenían estos hábitos, sino que probablemente eran omnívoros.

Huellas de saurópodos.

Suborden Sauropodomorpha Huene, 1932

Infraorden Sauropoda Marsh, 1878

Familia No descrita

Morfotipo B

EMs podiales ν , τ , σ ; EM manual ρ

(Figuras 6 y 8; Tabla 6)

Caracterización.- La caracterización se basa en 12 de los 14 ejemplares de icnitas referibles a este morfotipo. Dos de ellos fueron descartados (impresiones 10 y 14) por estar manifiestamente incompletos. Este morfotipo en las huellas podiales se distingue por los siguientes rasgos:

- Huellas de configuración redondeada a subredondeada.
- Región plantar ancha.
- Dígitos dirigidos anterolateralmente.
- Tamaño pequeño de 13- 22 cm.

La caracterización manual derivada de la observación del único ejemplar evidente

(impresión 28) del que se dispone incluye los siguientes rasgos:

- Huella de configuración ovoidal, más ancha que larga.
- Margen dorsal convexo y el palmar cóncavo.
- Impresiones dactilares no individualizadas.
- Tamaño pequeño de 9.1 cm.

Expresión Mórfica v.

Material referido.

Ejemplares: 17, impresión izquierda?; 19, impresión derecha?; 18, 21, 30, impresiones indeterminadas.

Descripción.- A esta expresión corresponden el 41 % de las huellas de saurópodos que se identificaron. Cabe destacar, que una de ellas (impresión 18) es considerablemente menor, y mide 12.9 cm de longitud anteroposterior y 9.8 cm de anchura transversa (cf. Figura 6, Tabla 6). La posible significación de este hecho se discute más adelante.

Esta expresión difiere de la configuración morfotípica por la ausencia de impresiones dactilares.

Discusión.- En la mayoría de los casos, las huellas que constituyen esta EM presentan un grado de preservación moderado tendiendo a malo, de ahí que no haya sido posible distinguir con claridad otros rasgos como las impresiones dactilares. Sin embargo, es común que las huellas de saurópodos pobremente preservadas aparezcan como cuencas ovales o subredondeadas sin mucho detalle (Thulborn, 1990). Este hecho y el tamaño permiten asignar esta expresión al morfotipo reconocido.

Expresión Mórfica τ

Material referido.

Ejemplares: 7, 8, 11, impresiones derechas?.

Descripción.- Esta expresión es típicamente hiperlargada de configuración elipsoidal; en el margen lateral se observan lobulaciones y muescas que han sido interpretadas como parte de las impresiones dactilares.

A esta expresión corresponden el 25 % de las huellas de saurópodos que se identificaron.

Discusión.- La apariencia hiperlarga constituye un rasgo atípico, cuyo posible origen se discute a continuación :

1.- La huella hubiese sido originada por un individuo juvenil, ya que se ha reportado que en general, las huellas de tetrápodos juveniles tienden a ser más largas, a causa de que su pie lo es, pero conforme alcanzan la madurez, el pie crece en una menor proporción con respecto a otras partes del cuerpo; así, los adultos dejan huellas relativamente pequeñas en comparación con los juveniles (Thulborn, 1990); esta explicación es poco satisfactoria, ya que la longitud anteroposterior de las huellas de esta expresión es semejante a la de las otras referidas a este morfotipo, lo cual significa que el individuo que la generó, no era significativamente más joven que los demás.

2.- La huella refleja una pisada asimétrica donde el mayor peso correspondía a la mitad interna, en consecuencia, la mitad externa está sólo parcialmente impresa. En apoyo de esta interpretación queda la mejor definición del margen interno. Cabe destacar que este fenómeno ha sido ya reportado en huellas atribuidas a saurópodos (cf. Pittman & Gillette, 1989).

Expresión Mórfica σ

Material referido.

Ejemplares: 20, 26, impresiones derechas; 27, impresión indeterminada.

Descripción.- Esta expresión es la que más se asemeja a la morfotípica, en consecuencia es innecesario repetir los rasgos que la caracterizan. Cabe destacar que los dígitos internos (I, II) terminan en ápices ligeramente aguzados, mientras que en el dígito medio (III) puede observarse una prominencia triangular que se ha interpretado como correspondiente a una garra.

Discusión.- Se ha observado que en el pie de saurópodos, los primeros tres dígitos llevaban garras que iban disminuyendo en tamaño hacia el más externo (McIntosh, 1990); es decir, la garra de

mayor tamaño se encuentra sobre el dígito I, mientras que la más pequeña se encontraría sobre el dígito III. En este caso se observa una mayor definición de una garra sobre el dígito III, por lo que se esperaría que los dígitos I y II presentaran marcas de garras de mayor tamaño, sin embargo, esto no ocurre para las huellas de esta EM. Este carácter atípico se puede deber a diversas causas, una de ellas estaría relacionada con una respuesta diferencial de apoyo del pie sobre el sustrato, o bien, se trate de un fenómeno relacionado con la preservación. Esta última posibilidad podría ser la explicación más viable, debido a que la preservación que presentan estas huellas es deficiente (Figura 6); y de ahí que se hubiesen perdido detalles de algunas de las estructuras, en este caso las que corresponden a las porciones distales de los dígitos más internos.

Expresión Mórfica ρ

Material referido.

Ejemplares: 28, impresión manual.

Descripción.- Sólo una de las huellas de saurópodos que se identificaron corresponde a una impresión manual. Esta huella es la que se utilizó para caracterizar parcialmente al inorfitopo, por lo que no se repiten aquí sus rasgos.

Discusión.- Llama la atención que la disposición espacial de esta huella es muy próxima a la 27 σ , y que en ambos casos la longitud anteroposterior (en realidad la anchura) es paralela y el margen dorsal es externo; ello implica que al ser apoyada la mano, ésta mostraba o tenía su eje mayor paralelo al plano sagital del individuo. Esta semejanza sugiere que el individuo que generó la huella podial 27 σ , probablemente también generó a la huella manual 28 ρ , y que la posición manual difiere de la frecuente en saurópodos, que es oblicua convergente o transversal (Farlow *et al.*, 1989; Pittman, 1992).

Otro hecho notorio, es que sólo una de las 14 huellas reconocidas es manual. Esta circunstancia es francamente anómala y requiere una explicación:

1. Podría pensarse que es meramente un artificio de la preservación. Esta hipótesis parece poco probable, ya que las huellas proceden del mismo estrato y se encuentran próximas entre sí, y proceden de un afloramiento pequeño (16 m²); sujeto en esencia a las mismas condiciones de preservación y erosión, donde tanto las huellas podiales como las manuales de individuos de postura y locomoción habitualmente cuadrúpeda habrían tenido la misma oportunidad de generación y preservación.

2. Otra posibilidad, es que los individuos que generaron las huellas hubiesen sido bípedos facultativos, que adoptasen esta posición al desarrollar actividades diferentes a la locomoción. Cabe destacar que a diferencia de las huellas de celurosaurios que se encuentran en el mismo afloramiento, las de saurópodos no presentan ningún rastro discernible. En consecuencia es posible suponer que la actividad que desarrollaron esos individuos cuando generaron estas huellas, no correspondía a la locomoción habitual; en este supuesto, habrían estado desarrollando una actividad diferente donde el apoyo de las extremidades anteriores no era requerida. Especular acerca de que actividad, resulta fútil.

Discusión general del Morfortipo.

A) Asignación Morfortípica.- Las 12 huellas referibles a este morfortipo, comparten una configuración semejante, y una pequeña talla podial (no mayor a 22 cm de largo). Esto se ha interpretado como indicador de que los individuos que las originaron, formaban parte de una población. a su vez referible a una sola especie.

B) Justificación Taxonómica.- Thulborn (1990) presenta una caracterización formal de huellas podiales saurópodos que incluye estos caracteres:

1. Huellas ovoidales o subredondeadas que se angostan en la porción posterior, más anchas que largas.

2. El margen anterior muestra mayor complejidad que el posterior, y en él es frecuente discernir muescas y lobulaciones o aguzamientos que corresponden a las garras de los dedos, que son muy cortos, dirigidos anterolateralmente, el cojinete plantar está muy desarrollado.

3. El tamaño es relativamente grande (con frecuencia de 50 - 150 cm de longitud antero-posterior). Se conocen algunas huellas más pequeñas, por ejemplo, las de la Formación Jindong, Cretácico de Corea, que miden 20 cm de longitud, que han sido interpretadas como generadas por saurópodos juveniles (Lim *et al.*, 1989).

4. En los rastros se aprecia que el ángulo de paso varía de 120° - 140°, lo cual indica individuos de cadera y vientre amplio y robusto; la relación entre la longitud de la zancada a la longitud de la huella (l_z/l_h) es de 7/1 - 8/1.

Con respecto a las impresiones manuales, el mismo autor (*cf.* Thulborn, 1990) las ha caracterizada así:

5. Impresiones semicirculares o con forma de casco de caballo, con su borde dorsal convexo (frecuentemente anterior o anterolateral) y el plantar (posterior) cóncavo.

6. En general los dígitos no están individualizados.

7. La longitud transversal es mayor que la dorso-palmar.

8. El tamaño corresponde en general a la mitad del que tiene la huella podial.

El análisis de las huellas referibles a este morfotipo muestra que pueden reconocerse en ellas 6 de los 8 caracteres reconocidos como diagnósticos para las huellas del *Infraorden*

Sauropoda. Se señaló ya que no pueden observarse rastros, por lo cual objetivamente no puede valorarse la presencia/ausencia del carácter 4.

Por otro lado, el tamaño que muestran las huellas, que es del mismo orden de magnitud del que tienen las huellas de la Formación Jindong (20 cm), indica que fueron generadas por individuos juveniles. De aplicar esta misma interpretación para el caso de las huellas de Xochitlapilco, se tendría que suponer que todas ellas fueron producidas por individuos de este grupo-edad.

Sin embargo, el análisis cuidadoso de este conjunto de huellas, y en particular de su distribución espacial (cf. Figura 6), evidencia que solamente una tiene 22 cm de longitud, otra 13 cm, y las restantes quedan interpuestas cuasiequitativamente entre estos límites. Esta condición resulta muy anómala para las huellas referibles a saurópodos actualmente conocidos en los siguientes aspectos:

El tamaño absoluto máximo, equivale al que tienen las huellas del rastro atribuido a una forma juvenil del Cretácico de Corea (Lim *et al.*, 1989); en tanto el 75 % de las huellas de Xochitlapilco tienen menor talla, y una de ellas es mucho menor (2/3 de las de Jindong).

Esta diversidad en tamaño es más fácilmente explicable en términos de diferencia de edades individuales, donde los organismos más jóvenes, tendrían una menor talla, y ésta fuese incrementándose conforme alcanzaran el estado adulto. Así mismo se esperaría una diversidad de tallas si además del factor edad, se agrega la variación intraspecifica y un patrón de agrupamiento poblacional que reflejase la estructuración de una manada.

En cualquier caso, la diversidad en tallas observada en las huellas de Xochitlapilco, hace muy poco probable que ellas hayan sido generadas por individuos de un sólo y homogéneo grupo-edad y en este caso particular, grupo-edad juvenil, en donde se esperaría una relativa homogeneidad que no podría generar una varianza de 5, como la que tienen estas huellas.

Considerando lo anterior, (*i.e.*, huellas saurópodos no juveniles, sino adultos en su mayoría), la alternativa que queda para asignarlos taxonómicamente es que corresponden a una familia saurópoda que no ha sido descrita todavía, que tendría entre otros rasgos diagnósticos, una talla pequeña (capaz de generar huellas de 18 cm de longitud) y una tendencia bípeda facultativa. En atención a lo reducido de la muestra y en consecuencia de la información disponible, se ha considerado inadecuado hacer la proposición formal de la familia, pero la singularidad de los dinosaurios que generaron este tipo de huellas es tal, que se requiere su postulación, ya que no comparten las características que pudieran referirlos a alguna de las seis familias de saurópodos reconocidos (*Virrenodontidae*, *Cetiosauridae*, *Diplodocidae*, *Brachiosauridae*, *Camarasauridae* y *Titanosauridae*; *cf.* McIntosh, 1990).

En estas familias se encuentran los dinosaurios de mayor talla (entre 12 y 30 m de longitud; *cf.* Dodson, 1990), con una masa estimada entre los 80 a 150 toneladas (*cf.* McIntosh, 1990) y de condición cuadrúpeda estricta. En algunos casos, con base en análisis de morfología funcional (*cf.* Norman, 1992; Bakker, 1993) se ha inferido bipedestación ocasional, pero en ella se implica otro elemento de soporte mecánico que es la cola, por lo que en realidad el dinosaurio estaba apoyada en un trípode.

Las implicaciones taxonómicas y evolutivas de esta familia no descrita tienen gran significación, ya que estaría constituida por dinosaurios de talla pequeña y tendencia a la bipedestación; estos caracteres son primitivos y los compartirían con sus posibles ancestros prosaurópodos (Norman, 1992; Galton, 1990). Es decir, estos organismos tendrían una estructura podial evidentemente saurópoda, asociada a una pequeña talla y una bipedalidad facultativa, que los ubicaría morfológicamente entre los saurópodos cuadrúpedos típicos bien conocidos y los prosaurópodos.

Esta condición intermedia, le conferiría a esta familia la posibilidad de ser la básica o ancestral del Infraorden Sauropoda, sin embargo, la existencia de saurópodos de edad más antigua (Vulcanodontidae, Triásico más Tardío-Jurásico más Temprano, Zimbawe, Africa; *cf.* Raalt, 1972) y de contemporáneos (Cetiosauridae, Jurásico Medio, Inglaterra; Owen, 1841) conduce a considerarlos como un taxón reliquia o sobreviviente.

C) **Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.**- Como se argumentó en el Apartado de Geología, la edad geocronológica del Grupo Tecocoyunca (*partim*), portador de la icnofauna, es Bajociano Temprano-Bathoniano Temprano y se obtuvo a partir de los invertebrados que contiene; por lo que objetivamente es independiente de la edad que pueda inferirse a partir de las icnitas. Por otro lado, el registro conocido de saurópodos se extiende del Jurásico Temprano al Cretácico Tardío (*cf.* McIntosh, 1990), aunque son más abundantes durante el Jurásico Temprano-Tardío, constituyendo el elemento herbívoro tetrápodo dominante de las comunidades de esos tiempos, con una distribución cosmopolita (Weishampel, 1990; Dodson, 1990).

Por contraste, la distribución geográfica de los saurópodos del Jurásico Medio es muy restringida, e incluye sólo registros en Europa occidental, referibles a la Familia Cetiosauridae (Farlow, 1993), ubicables en paleolatitudes próximas a los 30° Lat. N. Existe además un registro cuestionable de icnitas atribuidas a saurópodos del Jurásico Medio de Australia (Molnar, 1991; Farlow, 1993). En consecuencia, el registro de Xochitlapilco constituye el primero para el Continente Americano, y como tal reviste gran significación.

Cabe señalar que el registro de formaciones jurásicas medias es escaso en Norteamérica, pero de representatividad equivalente a la que tienen las formaciones jurásico tempranas y tardías en otros continentes (Seyfert & Sirkin, 1973; Smith *et al.*, 1994), lo cual indica que la escasez del

registro jurásico de localidades portadoras de saurópodos de esta edad, no puede atribuirse a una reducción en la extensión de los afloramientos.

D) Consideraciones Paleontológicas. - El análisis de la distribución espacial que tienen las icnitas referibles a este morfotipo, indica la ausencia de rastros, que refleja una distribución azarosa o no referible a un patrón discernible, la existencia de una sola huella manual en un conjunto de 14 icnitas, y la presencia de huellas podiales de talla diversa con una varianza de 5. Estos rasgos le confieren gran singularidad a este conjunto de huellas, que contrasta con los registros habituales de icnitas saurópodas, donde se observan rastros, una frecuencia de impresiones manuales equivalente al de las podiales y aparentemente una cierta uniformidad en el tamaño de las huellas, reflejado por una baja varianza.

Esta singularidad resulta muy enigmática y requiere una explicación. Se ha considerado que muy probablemente los saurópodos tenían un comportamiento gregario, muy semejante al de los ungulados y subungulados actuales (Norman, 1992; Sinclair & Norton-Griffiths, 1979). De hecho, el primer autor análoga en este sentido a los saurópodos con los elefantes (*op cit.* pp 96-97). El análisis de una manada de proboscídeos modernos, muestra que está constituida principalmente por hembras adultas, subadultas y unos pocos individuos juveniles, y que la hembra dominante tiende a ser un poco mayor que las demás (McDonald, 1984). Si extendiésemos este modelo analógico a lo que se observa y puede razonablemente inferirse a partir de las huellas de Xochitlapilco, se tendría, que este registro podría representar una pequeña manada de saurópodos con una estructura similar a la de los grandes ungulados y subungulados; con un adulto dominante, adultos, subadultos y un sólo juvenil. Es claro que esta explicación es en cierta forma especulativa, pero es la única que integra de manera parsimoniosa los diversos elementos informativos de el registro de Xochitlapilco.

La hiperabundancia de huellas podiales respecto a las manuales, asociado a la ausencia de rastros, sugiere, como se indicó ya, que estos dinosaurios al momento de generar las huellas no estaban ejecutando una acción de locomoción (de necesidad cuadrípoda y que habría generado huellas manuales y podiales en frecuencias equivalentes), sino de algún otro tipo, donde no habría sido necesario apoyar las manos en el sustrato. A su vez, esto indicaría una tendencia a la bipedestación.

Por otro lado, si se considera que estos dinosaurios tenían una talla pequeña (h indicativa de una altura a la cadera del orden de un metro, y una longitud estimada de 3 a 4 m. máxima), que habría permitido la bipedestación con muchos menores problemas mecánicos y fisiológicos, que los que habrían enfrentado los grandes saurópodos. Admitidamente, esta concepción es un tanto especulativa, pero se apoya en un conservador análisis funcional derivado del estudio de rasgos osteológicos en saurópodos y prosaurópodos (cf. Romer, 1956, 1966; McIntosh, 1990; Norman, 1992).

Finalmente, cabría preguntarse qué habría posibilitado la sobrevivencia de saurópodos primitivos en una edad tan tardía como el Jurásico Medio. Nuevamente, examinando análogos modernos, se tiene, que es frecuente encontrar en condiciones de aislamiento, en calidad de sobrevivientes o reliquias, a taxa que han quedado extintos en las regiones continentales, el caso de los lemures de Madagascar es un ejemplo típico (McDonald, 1984). La información disponible sobre la paleogeografía del Jurásico Medio de México, y en particular de la Región Mixteca, es muy limitada, y no estaría reñida con la posibilidad de que el Área de Xochitlapileo pudiese haber estado sujeta durante ese tiempo a algún tipo de condiciones de aislamiento. De ser esto así, habría sobrevivido aquí un grupo de saurópodos primitivos, perteneciente al linaje que en otras latitudes rápidamente desarrolló los caracteres avanzados de gran talla y cuadrupedalidad estricta propios de los saurópodos mejor conocidos.

La coexistencia de este grupo primitivo con celurosaurios semejantes a los que se observan en otras partes del mundo para esta edad, es decir cosmopolitas (que teóricamente contradicen esta hipótesis de aislamiento); podría explicarse en función del conservadurismo estructural que manifestó el grupo Sauropoda a lo largo de su historia geológica, particularmente en su aparato locomotor (Lull, 1953; Pittman, 1992).

LA DINOSAURICNOFAUNA CHUTA, JURÁSICO TARDÍO, MICHOACÁN SW.

MARCO GEOGRÁFICO.

Localización.

El área de estudio se localiza en el extremo sur de Michoacán (Lámina III), entre los 18° 02', 18° 05' lat N y 102° 32', 102° 36' long W (Lámina IV), tiene forma rectangular su lado mayor mide 12.5 km. y el menor 8.3 km., presenta una extensión de 104 km² aproximadamente. Político-administrativamente el área forma parte del Municipio Lázaro Cárdenas.

Acceso.

La principal vía de acceso es la Carretera Federal 200, que es paralela a la costa del Pacífico en dirección E-W, une a las poblaciones Lázaro Cárdenas, Chuta y Caleta de Campos.

Población y Cultura.

El área está relativamente poco poblada. El principal asentamiento con Cabeera Municipal es la Ciudad de Lázaro Cárdenas, donde se concentra la mayor parte de la población. En la Cabecera municipal existen escuelas a nivel preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y capacitación técnica. Las principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería de bovinos, porcinos, avícola, caballar, caprino, asnal y nular; y finalmente la pesca de cazón huachinango y pargo. La explotación forestal incluye al pino y encino. También se fabrican alimentos, químicos, bebida y calzada en lo que se refiere a la mediana industria.

Rusgos Geomórficos.

El área se ubica en el flanco norte de la Sierra Madre del Sur; el relieve es abrupto, formado de crestas separadas por cañadas angostas. La playa es muy estrecha y presenta numerosas ensenadas generadas mediante erosión diferencial. Se encuentra afectada por dos sistemas de fallas

y fracturas con dirección NNE-SSW y ENE-WSW respectivamente (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b).

Rasgos Hidrográficos.

El Río Chuta es el principal del área, ubicado en la parte oriental, mientras que en el extremo occidental se encuentra el Río Mexcalhuacan, menor que el primero. Ambos ríos corren de norte a sur desembocando en el Océano Pacífico.

Clima.

El clima de la zona es tropical con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 27.8° C.

Biota.

Domina el bosque tropical deciduo en la zona de montaña y el palmar de cocos en la zona baja. La vertebradofauna es variada.

MARCO GEOLÓGICO.

El Área Chuquiapan-Chuta, Michoacán, no ha sido objeto de estudios geológicos detallados recientes publicados (*cf.* Castro-Moreno, 1984; González-Partida *et al.*, 1987; Campa, 1985; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992(1993); Geomex, 1994); en consecuencia, la información geológica disponible es esencialmente la misma presentada en 1978 (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b), y que se refleja en las Láminas III y IV; por ello no requiere repetirse aquí. Baste señalar que la unidad portadora de las huellas de dinosaurios, es una litarenita cuarzo-filarenítica y feldespática de grano fino, interestratificada por una limolita argilácea, ambas de color rojo grisáceo, dispuestas en estratos laminares a delgados y que forma parte de una compleja secuencia vulcanosedimentaria. Cabe destacar que diversos investigadores han visitado en fecha reciente la

localidad fosilífera, y han informado que prácticamente ya no se observan las huellas de dinosaurios.

DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LAS ICNITAS.

Las impresiones que se encuentran en esta localidad fueron reconocidas y nombradas formalmente como Dinosauriofauna Chuta por Ferrusquía-Villafranca *et al.* en 1978; asignándoles una edad ubicable en el lapso Jurásico Tardío-Cretácico Temprano. El presente estudio permitió precisar la edad de la unidad litoestratigráfica portadora de las icnitas al Jurásico Tardío. El hecho de que los taxa reconocidos presentan un tamaño intermedio entre las faunas triásico tardías de Connecticut Valley (Lull, 1953) y las cretácicas de Norteamérica (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b), sugiere que la Dinosauriofauna Chuta se encuentra ubicada en el Jurásico; y la identidad taxonómica del Morfotipo C (Morfotipo E de Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b); restringió su edad al Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano), como se discute más adelante. El afloramiento comprendía 43 impresiones cuyo grado de preservación era moderado. Se utilizó una fotografía proporcionada por el Dr. Ferrusquía para reconstruir la posición de las icnitas en el afloramiento, sólo se pudieron distinguir 24 huellas (55%, Figura 9); a las cuales se les determinó su orientación con respecto al norte actual (Figura 10), evidenciándose un mayor número de huellas dirigidas hacia el norte. Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978) reconocieron siete morfotipos; en este estudio, 3 de ellos (Morfotipos A, B, C; de Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b); ahora constituyen un solo Morfotipo, de tal forma que la Dinosauriofauna Chuta se restringe a 5 Morfotipos. Finalmente, se revisó y suplementó cada una de las descripciones documentadas en el estudio precedente, lo que permitió una asignación morfotípica más precisa. A continuación se describe y discute detalladamente cada uno de estos morfotipos.

Orden Saurischia Seeley, 1877

Suborden Theropoda Marsh 1881

Infraorden Maniraptora Gauthier, 1986

Familia Coeluridae Marsh, 1881

Gen. et sp. indet.

Morfotipo A

Sinonimia.- Morfotipos A, B, C de Ferrusquía Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b; asignados al Suborden Theropoda.

EMs podiales ω , ψ , χ

(Figuras 9, 11; Tablas 7, 8)

Caracterización.- Este morfotipo en las huellas podiales se distingue por los siguientes rasgos:

- Huellas subalargadas-alargadas de configuración romboidal las cuales son del 20%-30% más largas que anchas.
- Tamaño pequeño que no rebasa los 24cm.
- Mesaxónicas tridactilares con los dígitos dirigidos hacia adelante y que terminan en garras.
- El dígito III es el más largo y delgado, mientras que los laterales (II, IV) son ligeramente más cortos y subiguales en longitud.
- Escotaduras interdigitales en forma de "V".
- Cojinetes dactilares ovoides y únicos para cada dedo.
- La divergencia total de los dígitos es comúnmente de 50°-60°.
- Los ángulos de divergencia interdigitales son pequeños y aproximadamente iguales, de 28° en promedio.

- En la base del dígito IV se observa una escotadura profunda sobre el margen posterolateral.
- En la porción posterior de la huella se observa la impresión de un cojinete metatarsofalángico por detrás de los dígitos II-IV.
- Talón con forma de trapecio invertido dirigido posteromedialmente.

Expresión Mórfica ω .

Material referido.

Ejemplares : IGM-5385 (=IGCU-2538), impresión izquierda; IGM-5386 (=IGCU-2539), impresión derecha; IGM-5387 (=IGCU-2541), molde derecho.

Descripción.- Las huellas referidas a esta EM presentan en esencia los rasgos que caracterizan al morfotipo por lo que es innecesario repetirlos. Cabe destacar que en estas huellas se observa la impresión del dígito I que corresponde al hallux y se encuentra dirigido posteromedialmente.

Discusión.- El pie de un celurosauro es funcionalmente tridactilar; el dígito I (hallux) se encuentra reducido (Norman, 1990,1992); por lo que la posibilidad de que se deje impresa dicha estructura es poco probable; sin embargo, se han documentado huellas atribuidas a celurosaurios con impresión del hallux (cf. Lull, 1953 pp.153-173, fgs. 27-31, 37-43; Thulborn, 1990 p. 157, fg. 6.6g). Por lo anterior un número tan reducido de esta expresión mórfica sugiere que la posibilidad de producir este tipo de impresiones haya estado restringida, o bien, que la actitud y posición del individuo al generarlas haya sido diferente al que adoptaban habitualmente. Debido al escaso número de huellas, es difícil decidir la actividad que estaban realizando.

Expresión Mórfica ψ .

Material referido.

Ejemplares: IGM-5388 (=IGCU-2530), molde derecho en yeso; IGM-5389 (=IGCU-2535), impresión derecha; rastro descrito en Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b).

Descripción.- Salamente el 25% de las huellas de celurosaurios corresponden a esta EM. Esta presenta los rasgos que caracterizan al morfotipo, en consecuencia es innecesario que se repitan. Cabe destacar que Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b) distinguieron un rastro en el que se midió la longitud de la zancada, de 190cm; una longitud de paso de 95cm y un ángulo de paso de 150°. Estas medidas no pudieron ser corroboradas, debido a que la fotografía que se utilizó para reconstruir la distribución espacial de las huellas en el afloramiento era de poca calidad; por lo cual no fue posible distinguir el rastro mencionado, y de hecho, la totalidad de las huellas que se encuentran en el afloramiento.

Usando los datos del rastro antes mencionado, se obtuvo la relación l_z/l_h , que es de 8/1.

Discusión.- Las características del rastro sugieren a un individuo bípedo de paso rápido, evidenciado por la longitud de la zancada y la relación l_z/l_h . La configuración de las huellas de esta EM es congruente con este hecho, ya que la mesaxonia acusada y acortamiento de los dígitos laterales, características claramente discernibles en estas impresiones, indican un pie de un individuo con la capacidad de correr (Coombs, 1978).

La ausencia de la impresión del hallux y la evidencia de un rastro producido por un individuo marchando rápido o acelerando, denotan un comportamiento distinto al que se encontraban realizando los individuos que generaron las huellas de la EM anterior, y en la cual, no se requería apoyar el hallux.

Expresión Mórfica χ

Material referido.

Ejemplares: IGM-5390 (=IGCU-2532), molde derecho en yeso; IGM-5391 (=IGCU-2540), molde izquierdo; IGM-5392 (=IGCU-2537), molde derecho en yeso.

Descripción.- Esta expresión difiere de la morfotípica en su relativa amplitud, en que en el dígito III se define la impresión de una garra ensanchada en su parte basal, el dígito IV termina en un ápice ligeramente aguzado, y no se observa una clara impresión de la garra; finalmente el dígito II termina en un ápice romo.

Discusión.- Como se menciona en la descripción la apariencia de estas huellas es diferente de la morfotípica principal. Las causas de estas diferencias no se conocen con certidumbre, sin embargo, pueden aducirse las siguientes hipótesis: (1) Podría estar relacionado con la preservación de las huellas, la cual habría sido distinta, y algún caso tendría impresas todas las garras; (2) la posición del individuo al generar esta EM era distinta a la que adoptaban habitualmente, en esta última se apoyaría más la porción que corresponde a la planta del pie, generando una huella relativamente más ancha que las de las otras EMs, y en la cual se levantarán parte de los dedos, y no se dejarán impresas en su totalidad las garras.

El número tan reducido de huellas que constituyen esta EM con un grado de preservación moderado, hace difícil precisar cuales fueron las causas que originaron estas anomalías.

Discusión General del Morfotipo.

A) **Asignación Morfotípica.**- Las huellas referibles a este morfotipo, comparten una configuración semejante, y una talla pequeña que no rebasa los 24 cm. La variación de esta dimensión (13 vs. 24 cm); podría ser explicada como la presencia de organismos juveniles y adultos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico (de nivel específico).

B) Justificación Taxonómica.- Los rasgos que han sido considerados por diversos autores (cf. Lull, 1953; Thulborn & Wade, 1984; Thulborn, 1990) para caracterizar a las huellas atribuidas a celurosaurios, ya fueron tratados en el Apartado sobre la Justificación Taxonómica del Morfotipo A, asignado a la Familia Coeluridae, reconocido en la Localidad Xoelixtlapilco, Oax.; por lo que es innecesario repetirlos nuevamente. Sólo se considerará aquí, cuales de estos rasgos son claramente discernibles en las huellas que constituyen este morfotipo.

El análisis de las huellas muestra que presentan 6 de los 7 caracteres diagnósticos de las huellas atribuidas a celurosaurios. Cabe destacar que los ángulos interdigitales y de divergencia total de este morfotipo, son de un orden de magnitud mayor a lo observado comúnmente (carácter 5). Se ha notado que los parámetros métricos angulares son altamente variables, y su uso para discriminar entre huellas pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos no es muy confiable, debido a que no ha sido explícitamente identificada la correlación en la evidencia anatómica en la forma metatarsal y falángica y la estructura de articulaciones en diferentes grupos (cf. Pittman, 1992).

La dimensión h para este morfotipo oscila entre 0.6-1.0 m , lo cual sugiere individuos que alcanzaban tallas que iban de 1.20-2.0 m como máximo, con huellas podiales que no rebasaban los 24 cm de longitud antero-posterior (Tabla 8).

Esta variación en tamaño, hace pensar que más de un grupo-edad estaba representado. En comparación al tamaño de las formas celurosaurias jurásico tardías reportadas hasta la fecha , las cuales alcanzaban una longitud máxima de 2.0 m (cf. Lambert, 1983 pp. 45-47), las formas de Chuta, Michl. constituirían una población formada por organismos adultos, en aquellos en los que su h estimada va de 0.8-1.0 m; mientras que aquellos con una h de 0.6-0.7 m constituirían juveniles.

Por lo anterior, la coincidencia de todos los caracteres en conjunto, justifican la asignación de las huellas a la Familia Coeluridae. Como se mencionó anteriormente la sistemática y parataxonomía de los Coeluridae presenta considerables problemás. Por lo anterior se prefirió establecer la identidad taxonómica de estas huellas con seguridad al nivel de familia.

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- El alcance geocronológico de esta familia se extiende del Triásico Tardío al Cretácico Tardío (Norman, 1990), y su distribución en este lapso es prácticamente cosmopolita.

El análisis de la Dinosauriofauna Chuta, Mich. permitió precisar su edad, restringiéndola al Jurásico Tardío; para este lapso se han reportado huellas de celurosaurios en Canadá (Currie, 1989), Estados Unidos (Weishampel, 1990; Lockley, 1993) y en Argentina (Leonardi, 1989). La presencia de huellas atribuidas a esta familia para la porción Suroccidental Pacífica de México, indica la existencia de este grupo de dinosaurios a lo largo del Continente Americano durante este período de tiempo.

D) Consideraciones Paleoecológicas.- Se ha considerado que los celurosaurios eran organismos de hábitos omnívoros (Norman, 1990, 1992). Sin embargo, la evidencia de impresiones de garras bien desarrolladas, al menos en las EMS ω y ψ , y las características del rastro de la última expresión, indican un organismo de paso rápido, lo que sugiere que estos dinosaurios eran capaces de atrapar presas veloces de pequeña a mediana talla, exhibiendo una probable tendencia a la carnivoría; con hábitos similares a los del género *Compsognathus*, en el cual se ha demostrado con base en estudios estomacales que se alimentaba de pequeños reptiles veloces (Norman, 1992).

Orden Saurischia Seeley, 1877

Suborden Theropoda Marsh, 1881

Infraorden Carnosauria Huene, 1920

?Familia Allosauridae Marsh, 1879 y/o

?Ceratosauridae Marsh 1884

Gen. et. sp. indet.

Morfotipo B

Sinonimia.- Morfotipo F de Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b) asignado al Suborden Theropoda.

(Figuras 9, 11; Tablas 7 y 8)

Material referido.

Ejemplar: IGM-5396 (=IGCU-2534), molde derecho en yeso; rastro descrito en Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b).

Caracterización.- Este morfotipo en la única huella podial de que se dispone se distingue por los siguientes rasgos:

- Huella isodiamétrica positiva de configuración subredondeada.
 - Tamaño de 30.5 cm
 - Tridactilar mesaxónica con los dígitos dirigidos hacia adelante
 - El segmento libre del dígito III tiene forma triangular y es más largo que los dígitos laterales
 - Los dígitos II y III terminan en ápices aguzados que representan ligeras marcas de garras.
- El dígito IV está incompleto
- Escotaduras interdigitales en forma de "V" abierta

- En la base del dígito cuatro se observa una escotadura plantar sobre el margen posterolateral
- La divergencia total de los dígitos es de 60°, la divergencia interdigital entre II- III es de 36° y entre III-IV de 24°
- Cojinetes dactilares ovoides y únicos para cada dedo
- Región plantar ancha
- En la porción posterior de la huella, detrás de los dígitos II y IV se observa la impresión de un cojinete metatarsofalángico de forma ovoide y de mayor tamaño que los cojinetes dactilares
- Talón corto de base amplia
- El margen posterior de la huella tiende a ser redondeado.

Por otra parte, Ferrusquía-Villafranca, *et al.* (1978a, 1978b); reconocieron cinco huellas alineadas que constitúan un rastro, al cual se le midió longitud de la zancada de 260 cm, longitud de paso de 130 cm y ángulo de paso de 150°. A partir de estos datos se obtuvo la relación $l_z/l_h=8/1$. Cabe destacar que las medidas realizadas sobre dicho rastro, no pudieron ser corroboradas debido a las causas ya mencionadas para el Morfotipo A (de esta misma dinosauriofauna).

Discusión general del Morfotipo

A) Asignación Morfotípica.- La huella referida a este morfotipo presenta parámetros configuracionales similares a los que definen a las impresiones asignadas al Morfotipo A; sin embargo el tamaño, tipo y forma de dicha huella; sugieren a un organismo de mayor talla, constitución robusta y condición plantigrada; de acuerdo con lo anterior es necesario que sea tratada como un morfotipo distinto.

B) **Justificación Taxonómica.**- Las huellas referibles a carnosaurios han sido caracterizadas por los siguientes rasgos (cf. Colbert & Merrilles, 1967; Shounan *et al.*, 1989; Calvo, 1990; Thulborn, 1990):

1. Como regla general las huellas de carnosaurios presentan una longitud anteroposterior mayor a 25 cm

2. Huellas a menudo un poco más largas que anchas

3. Tridactilares raramente tetradactilares, mesaxónicas, y en todos los casos los dígitos principales son divergentes en un patrón casi simétrico, mientras que el dígito I cuando está presente se extiende medialmente o hacia atrás

4. Las impresiones de los dígitos usualmente se estrechan en su porción apical terminando en garras puntiagudas y largas

5. La divergencia total de los dígitos es a menudo de 50° a 60° mientras que los ángulos interdigitales son aproximadamente iguales

6. La mitad posterior de la huella tiende a ser triangular o en forma de cuña

7. Detrás del dígito IV se observa la impresión de un cojinete metatarsofalángico

8. Los rastros presentan un ángulo de paso que varía de 150° a 180° y una relación lz/lh que va de 5/1-8/1

Prácticamente todas estas características son claramente reconocibles en la huella que constituye este morfotipo.

Los carnosaurios constituían un grupo de terópodos grandes y corpulentos con extremidades posteriores parecidas a columnas, debido a su firmeza y robustez (Molnar *et al.*, 1990; Norman, 1992). La relación alométrica longitud anteroposterior- anchura (L.13), impresiones dactilares de base ancha y región plantar ancha, características que exhibe la huella de este morfotipo, indican un pie adaptado para soportar a un individuo de constitución robusta. Por lo

tanto, considerando esto y que la huella básicamente presenta las características que definen a las impresiones atribuidas a carnosaurios, se propone que el dinosaurio que la generó pertenece a este grupo taxonómico.

La dimensión h estimada para este morfotipo en una huella podial de 30.5 cm, es de 1.5 m (Tablas 7, 8); que sugiere un organismo que podría haber alcanzado de 3-4 m de longitud corporal como máximo. Esto significa que el dinosaurio generador de este morfotipo presentaba una longitud de aproximadamente el 40%-50% de la que poseían los carnosaurios jurásicos tardíos descritos a la fecha (*cf.* Lambert, 1983 pp. 78-81; Norman, 1992 p. 62). Este hecho sugiere que el individuo generador probablemente era un carnosaurio juvenil.

La sistemática de los carnosaurios tiene considerables problemás y existe un gran desacuerdo acerca del grado de parentesco entre la totalidad del grupo; de modo que la concepción de éste, de sus familias y géneros que lo integran varían significativamente de autor en autor (*cf.* Lambert, 1983; Rowe & Gauthier, 1990; Molnar *et al.*, 1990; Norman, 1992). Este hecho hace difícil la asignación taxonómica de este morfotipo a una familia en particular.

De acuerdo con lo anterior, para evitar confusiones taxonómicas y tomando en cuenta que el presente estudio no tiene como objetivo determinar las relaciones de parentesco entre los carnosaurios, se consideran en la comparación, a todas las formas terópodos corpulentas de talla mediana a grande que potencialmente pueden producir este tipo de huellas, entre las que se encuentran ceratosaurios, alosaurios, megalosaurios y tiranosaurios. Desde este punto de vista se pueden aducir las siguientes hipótesis:

1. Con base en el alcance stratigráfico de los tiranosaurios exclusivamente cretácicos tardíos, se descarta la posibilidad de que esta huella haya sido producida por un individuo de dicho grupo. Cabe destacar que la edad asignada al estrato portador, se atribuyó al Jurásico Tardío con base en la identificación del Morfotipo C, y de otras consideraciones.

2. Se han registrado restos aislados y fragmentarios de diversos carnosaurios en estratos jurásicos tardíos de Europa, los cuales han sido comúnmente referidos a los megalosaurios (Molnar *et al.*, 1990). El tamaño y las características del rastro de este morfotipo, semejante a las reportadas para la icnoespecie *Megalosauropus broomensis* (32.5 cm de longitud anteroposterior), del Cretácico Inferior de Australia (*cf.* Colbert & Merrilles, 1967, p. 22, tabla 2). Por otra parte, la *h* estimada es del mismo orden de magnitud que la reportada para la icnoespecie *Megalosaurus insignis* (*h* = 1.5 m). Cabría suponer que la huella de este morfotipo, podría haber sido generada por un megalosauro; sin embargo, si se toma en cuenta que el grupo no se encuentra satisfactoriamente definido a partir de sus restos óseos, la inferencia a partir de huellas es aún más limitada. Por lo tanto, se considera que a partir del poder de resolución exclusivamente icnológico, es poco objetivo proponer a este grupo como generador de la huella de este morfotipo.

3. La mayoría de los géneros que constituyen a la Familia Ceratosauridae, provienen de estratos con una edad que va del Triásico Tardío-Jurásico Temprano, y sólo uno de ellos (*Ceratosaurs*), proviene de la Formación Morrison del Jurásico Tardío de Norteamérica, del cual se conocen probablemente cinco individuos (incluyendo un esqueleto adulto casi completo), que parece haber alcanzado una longitud corporal de 6 m (*cf.* Rowe & Gauthier, 1990; Norman, 1992). Con base en el tamaño que pudo haber alcanzado el individuo generador de la huella de este morfotipo (3-4 m), se infiere que éste podría haber sido una forma juvenil ceratosauria. Sin embargo, también se han identificado representantes de la Familia Allosauridae en el Jurásico Tardío de Norteamérica, en la formación antes mencionada (*cf.* Colbert, 1985; Norman, 1992); cabe destacar que sus restos son muy abundantes y, que de hecho, se han reconocido más de 44 individuos, cuyas longitudes van de 3 m en los individuos juveniles a 12 m en los adultos (Norman, 1992). Por lo anterior, también es factible pensar en que esta huella haya sido producida por un organismo juvenil de esta familia.

Debido a que la base informativa derivada del tamaño de la muestra es muy reducida, se prefiere tomar una actitud conservadora y considerar que los representantes de las dos familias mencionadas tienen la misma probabilidad de generar las huellas de este morfotipo; empero, cabe destacar que se hace un esfuerzo para reconocer la identidad del dinosaurio responsable de esta impresión, al menos con seguridad al nivel de infraorden y con probabilidad a una y/o dos familias carnosaurias (Ceratosauridae y Allosauridae).

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- El alcance geocronológico de los carnosaurios se extiende del Triásico Tardío al Cretácico Tardío (*cf.* Weishampel, 1990; Molnar *et al.*, 1990; Norman, 1992), y su distribución en este lapso de tiempo es prácticamente cosmopolita.

Entre los representantes de carnosaurios para el Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano) se encuentran megalosaurios, ceratosaurios y alosaurios; los primeros tienen una distribución exclusivamente europea, mientras que los restantes en su mayoría son norteamericanos, y existen restos de un organismo referido a un alosaurio en África (*cf.* Weishampel, 1990; Molnar *et al.*, 1990). En consecuencia, la presencia de huellas referibles a alosaurios y/o ceratosaurios al sur de Michoacán, México, establecería la continuidad de alguna o ambas familias desde la porción Noroccidental de Estados Unidos hasta la Región Sueroccidental Pacífica de México; de igual forma, éste es el registro más austral de alguna o ambas de estas familias para Norteamérica durante el Jurásico Tardío.

D) Consideraciones Paleoecológicas.- Los carnosaurios eran organismos estrictamente carnívoros, este hecho se ve reflejado por la presencia de enormes mandíbulas con grandes dientes afilados y bordes aserrados aptos para desmembrar a sus presas; de igual forma, la presencia de garras en manos y pies les ayudarían a atrapar a sus víctimas; y muy probablemente su dieta consistía de ornitiskios y saurópodos (Norman, 1992).

En el caso de las huellas de Chuta, Mich., aún cuando se ha considerado que fueron producidas por formas juveniles, la evidencia de garras, así como las características del rastro observado por Ferrusquía-Villafranca *et al.*, (1978a, 1978b), indican un organismo moderadamente activo, lo que sugiere que tenían estos mismos hábitos; pero muy probablemente se alimentaban de formas más pequeñas de las que un adulto era capaz de atrapar, como ocurre en depredadores modernos, en los cuales el tamaño de la presa se incrementa con el tamaño del carnívoro (Vézina, 1983; Gittleman, 1985).

Orden Ornithischia Seeley, 1877

Suborden Cerapoda Sereno, 1986

Infraorden Ornithopoda Marsh, 1881

Familia Camptosauridae Marsh, 1885

Camptosaurus

Camptosaurus sp.

Morfotipo C

Sinonimia.- Morfotipo E de Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b), asignado a un probable iguanodóntido.

(Figuras 9, 11; Tablas 7, 8)

Material referido.

Ejemplares: IGM-5394 (=IGCU-2531), molde izquierdo en yeso; IGM-5395 (=IGCU-2536), molde derecho en yeso.

Caracterización.- Este morfotipo en las huellas podiales se distingue por los siguientes rasgos:

- Huellas de configuración redondeada, moderadamente anchas.
- Trisactilares, mesaxónicas con dígitos que terminan en ápices subredondeados.

- El dígito III es el más largo y delgado, el dígito IV es ligeramente más corto y el II es el más pequeño.
- Los dígitos laterales (II,IV) son más anchos, que el dígito principal (III) y subiguales en anchura.
- Escotaduras interdigitales en forma de "U".
- Los dígitos laterales presentan la impresión de un cojinete ovoide y único, mientras que en el dígito III se observa un cojinete redondeado y uno más pequeño de la misma configuración por detrás de éste.
- El ángulo de divergencia total es de 63° en promedio, mientras que la divergencia interdigital es similar y no rebasa los 35°.
- Región plantar ancha.
- Cojinete plantar con una configuración semejante a un "cacahuete" y que ocupa gran parte de la porción posterior de la huella.
- Talón simétrico con dos escotaduras, una sobre el margen posterolateral y otra sobre el posteromedial.
- El margen posterior de la huella es redondeado.

Discusión.

A) Asignación Morfológica.- Los dos ejemplares asignados a este morfotipo muestran una marcada similaridad mórfica, pero difieren en el tamaño (15 cm vs 29 cm) prácticamente en un 50% , lo cual puede interpretarse parsimoniosamente como resultado de la presencia de individuos juveniles y adultos de una misma población, coexistiendo en un área determinada.

B) Justificación Taxonómica.- Las huellas atribuidas a iguadodontes se han caracterizado por los siguientes rasgos (cf. Moratalla *et al.*, 1988,1992,1994; Thulborn, 1990):

1. Huellas de configuración redondeada.

2. Tamaño que oscila entre 40-50 cm de longitud anteroposterior.
3. Tridactilares, mesaxónicas con dígitos que terminan en ápices redondeados.
4. El dígito III es el más largo, el dígito IV es ligeramente más corto y casi tan ancho como el III, mientras que el dígito II es el más pequeño.
5. La divergencia total de los dígitos es de 60°-70°, los ángulos interdigitales son aproximadamente iguales y se encuentran alrededor de los 30°.
6. Cuando se observan las impresiones de cojinetes dactilares, éstos generalmente tienen forma oval y son únicos para cada dedo.
7. El cojinete plantar tiende a ser redondeado.

Casi todas estas características son claramente reconocibles en las huellas que constituyen este morfotipo; aunque cabe destacar que la huella de mayor longitud anteroposterior de este morfotipo (29cm), es 30%-40% más pequeña con respecto al tamaño que comúnmente se ha reportado que miden las impresiones atribuidas a iguanodontes. Esta diferencia en tamaño, indica que los individuos generadores de estas impresiones son de talla pequeña. Por otra parte, la gran variación de tamaño (prácticamente de 50%) entre las dos huellas referidas a este morfotipo, así como la h estimada, que oscila entre 0.9-1.7 m, que reflejaría individuos con longitudes de 2-4 m, sugiere que más de un grupo-edad estaba representado para una población en la cual las formas pequeñas (2.0 m) corresponderían a juveniles, mientras que los de mayor talla (4.0 m) a individuos adultos.

La sistemática de este grupo y la concepción de la Familia Iguanodontidae, oscila entre dos posiciones extremas. En la primera, designada aquí tradicionalista, es la sostenida por Galton (1972, 1974) y tácitamente aceptada por Carroll (1988), se considera que los iguanodontes de talla pequeña mediana y grande, comparten una gran semejanza morfológica y constituyen un continuo taxonómico; en consecuencia todos los iguanodontes se asignan a la Familia Iguanodontidae.

Por contraste, en la otra posición, sostenida por Lambert (1983) y Norman & Weishampel (1990), se considera que existe un hiatus tanto morfológico como parcialmente geocronológico que separa a los iguanodontes de talla pequeña (5-7 m) del Jurásico Tardío de Norteamérica y Europa; de los iguanodontes grandes (9-10 m) cretácicos, que tienen una distribución cosmopolita; los primeros han sido asignados a la Familia Camptosauridae y los segundos a la Familia Iguanodontidae.

No es el objetivo de este trabajo discutir los méritos o deméritos de estas dos concepciones, pero consideramos que la segunda alternativa permite un tratamiento taxonómico más satisfactorio, lo cual a su vez se refleja en la distribución geográfica y alcance estratigráfico de los taxa implicados; por estas razones, se adopta esta última interpretación.

De acuerdo con lo anterior y tomando en cuenta el tamaño que pudieron haber alcanzado los dinosaurios generadores de este morfotipo, es más probable pensar que las impresiones hayan sido producidas por individuos pertenecientes a la Familia Camptosauridae.

Esta familia incluye un solo género, *Camptosaurus* (Marsh, 1885), procedente de la Formación Morrison de Norteamérica, de edad kimmeridgiana-tithoniana, y del Jurásico Tardío de Inglaterra. De este género se han reconocido dos especies válidas (*C. dispar* y *C. amplus*) y dos especies dudosas. Infortunadamente, de ninguna de las dos especies válidas se tienen registros fénicos, aunque sí se conocen las dimensiones podiales (incluyendo metatarsos) de *C. dispar*, que mide 38 cm de longitud (Thulborn, 1990 p. 190, fig. 6.31). En consecuencia, huellas podiales de 29 cm (las cuales excluyen buena parte de los metatarsos), como los observados en Chuta, bien podrían haber sido generadas por individuos con pies de 38 cm de longitud.

Por contraste, las huellas asignadas a *Iguanodon*, son positivamente mayores, por ejemplo Thulborn (1990) ilustra un pie referible a este género que tiene una longitud de 55 cm, el cual habría dejado huellas por lo menos 2/3 más grandes que las que se encuentran en Chuta.

Sin embargo, como hay incertidumbre que no puede resolverse con la información objetiva disponible, se considera injustificado asignar este morfotipo a la especie *C. dispar*. Claro está que la asignación a nivel genérico, puede ser válidamente reconocida sin duda alguna, debido al hecho de que la Familia Camptosauridae es monotípica.

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- Cabe destacar que tanto en Ferrusquia-Villafraña *et al.* (1978a, 1978b) como en este estudio, la asignación de edad para la Dinosauriofauna Chuta dependió del análisis de este morfotipo, ya que es el único que muestra una posibilidad de ubicación geocronológica precisa, a causa de una de las tendencias evolutivas del grupo, referente al incremento de tamaño (talla), que contrasta con el conservadurismo morfológico y de tamaño de los otros grupos taxonómicos presentes en esta fauna. También es importante destacar el influjo que tiene la concepción taxonómica para la Familia Camptosauridae, que como se señaló en el Apartado anterior, es monotípica y está restringida en términos de las especies válidamente descritas, al Kimmeridgiano-Tithoniano de Norteamérica Noroccidental (Formación Morrison de Wyoming, Utah y Colorado). El reconocimiento del Género típico *Camptosaurus* en México, indica por el principio de homotaxis, que la edad del mismo debe ser con mayor probabilidad semejante al que éste tiene en Norteamérica Noroccidental, es decir, que su alcance geocronológico se encuentre entre el Kimmeridgiano-Tithoniano. En consecuencia, se le ha asignado esta edad al registro material de este género en México. Así mismo, dado que este género es el que tiene un mayor poder de resolución geocronológica, por extensión, se asigna también esta edad a la Dinosauriofauna Chuta de la cual forma parte. De tal manera, la asignación de la Dinosauriofauna Chuta al Kimmeridgiano-Tithoniano ha permitido restringir el intervalo de incertidumbre que se tenía para la edad de esta fauna, que previamente había sido considerada como que podía ubicarse entre el

Jurásico Medio-Jurásico Tardío (Ferrusquia-Villafranca *et al.*, 1978a) o al Jurásico Tardío-Cretácico Temprano (Ferrusquia-Villafranca *et al.*, 1978b).

La presencia de *Camptosaurus* en Chuta, Mich., en la porción Pacífica Sur de México y en el Noroeste de Norteamérica, extiende meridionalmente el alcance de este género unos 2800 km, equivalentes a unos 22° de latitud en términos de la geografía actual, y probablemente también en términos de la paleogeografía para el Kimmerdgiano-Tithoniano (Ross & Scotesse, 1988 p. 149, fig.5); e implica la posibilidad de comunicación terrestre entre estos sitios.

El efecto latitudinal que implicaría una diferencia de 22°, es equivalente en la actualidad al de pasar de un clima tropical a uno subtropical y templado, sin embargo, la escasez de información geológica detallada para el Jurásico Tardío continental de México, así como el no poder evaluar su significación en un marco paleoclimático global diferente al actual, que es el caso del marco correspondiente para este período de tiempo, hacen poco práctico especular acerca de las implicaciones paleobiogeográficas detalladas de este hecho.

D) Consideraciones Paleocológicas.- Los iguanodontes han sido reconocidos como organismos de hábitos exclusivamente herbívoros (Norman & Weishampel, 1990; Norman, 1992). La configuración de las huellas de este morfotipo, contrasta significativamente con las impresiones producidas por formas terópodos; el hecho de presentarse como huellas de configuración redondeada, dígitos anchos que terminan en ápices subredondeados, lo que sugiere uñas anchas y romas a manera de "pezuñas" y una región plantar ancha, las hace claramente distintas a las impresiones terópodicas, las cuales tienden a ser alargadas con dígitos largos y delgados que terminan en garras puntiagudas y afiladas bien desarrolladas. Es evidente, que existen diferencias marcadas entre las huellas producidas por terópodos, que constituye el grupo que incluye a los dinosaurios carnívoros; y las generadas por ornitópodos (que incluye a algunos de los dinosaurios herbívoros). De acuerdo con lo anterior, los rasgos configuracionales que definen a una huella,

indican, aunque de manera indirecta, los hábitos del dinosaurio que la produjo. Tomando como base este supuesto, la configuración de las huellas de este morfotipo reflejan a una forma herbívora, hecho que es congruente con el hábito alimenticio que se ha sugerido para este grupo de dinosaurios.

Finalmente, la presencia de ornitópodos herbívoros de talla media, podría implicar correlativamente la existencia de terópodos depredadores de ellos (Morfotipo B de esta misma Dinosauriofauna).

cf. Familia Hypsilophodontidae Dollo, 1882

Gen. et. sp. indet

Morfotipo D

Sinonimia.- Morfotipo G de Ferrusquia - Villafranca *et al.* (1978a, 1978b) asignado al Suborden Ornithopoda .

(Figuras 9, 11; Tablas 7, 8)

Material referido.

Ejemplar: IGM-5397 (=IGCU-2533), molde izquierdo en yeso; y el rastro descrito en Ferrusquia-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b).

Caracterización.- Este morfotipo se distingue por los siguientes rasgos:

- Huella subalargada de configuración subelipsoidal.
- Tamaño pequeño de 16.5 cm.
- Mesaxónica, tridactilar con dígitos que terminan en apices subredondeados dirigidos hacia adelante y arreglados en un patrón casi simétrico.
- El dígito III es el más largo, el dígito IV es fraccionalmente más corto y el dígito II es el más pequeño.
- Dígitos subiguales en anchura.

- Escotaduras interdigitales profundas en forma de "V".
- Cojinetes dactilares de forma elipsoidal y únicos para cada dígito.
- Ángulo de divergencia total de 39°, los ángulos de divergencia interdigital son pequeños, entre los dígitos II-III es de 17.5° y entre III-IV de 21.5°.
- Región plantar moderadamente ancha.
- Cojinete metatarsofalángico que tiende a ser ovoidal y presenta la mitad de la longitud de los cojinetes de los dígitos III y IV.
- Margen posterior de la huella redondeado.

Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978a, 1978b) reconocieron un rastro con una longitud de la zancada de 98 cm, longitud de paso de 55 cm y ángulo de paso de 154°; con base en estos datos se obtuvo la relación $lz/lh = 6/1$.

Discusión.

A) Asignación Morfológica.- La configuración de la icnita que constituye este morfotipo, es distinta de las demás huellas presentes en el afloramiento, por lo cual requiere un tratamiento separado.

B) Justificación Taxonómica.- Las características que definen a las huellas atribuidas a ornitópodos pequeños, entre los que se encuentran heterodontosaurios, hipsilofodontes y drosaurios, se han caracterizado por los siguientes rasgos (*cf.* Thulborn & Wade, 1984; Thulborn, 1990):

1. Tamaño variable que va de 2- 25 cm.
2. Mesaxónicas tridactilares, raramente tetradactilares, con los dígitos principales arreglados en un patrón casi simétrico y que terminan en ápices redondeados.
3. El dígito IV es fraccionalmente más pequeño que el III, y el dígito II puede ser ligeramente más corto.

4. Los dígitos son aproximadamente iguales en anchura y en algunos casos el dígito III es ligeramente más ancho que el IV.

5. La divergencia total de los dígitos va de 40°-80° y es comúnmente de 60°.

6. Los ángulos interdigitales son a menudo subiguales.

7. El ángulo de paso varía de 150°-170°.

8. La relación l_z/l_h oscila entre 4/1-8/1.

Tanto las características de las huellas, como las de los rastros, son claramente reconocibles en la huella que constituye este morfotipo.

Por otra parte, la dimensión h estimada (0.8 m), refleja un individuo que alcanzaría una longitud que oscilaría entre 1.6-2.0 m, en una huella podial de 16.5 cm.

Los ornitópodos pequeños que potencialmente pueden dejar este tipo de icnitas son los heterodontosaurios, hipsilofodontes y drosaurios.

Los heterodontosaurios constituyen un grupo cuyos restos provienen del Jurásico Temprano de África (Weishampel & Witmer, 1990). Como se discutió en su oportunidad, la edad del estrato portador en el que se encuentran las huellas de la Dinosauriofauna Chuta, fue asignada al Jurásico Tardío; de acuerdo con lo anterior, la consideración de los heterodontosaurios como posibles autores de esta huella se descarta por razones estratigráficas y paleogeográficas.

Los hipsilofodontes y drosaurios se conocen en Asia, Australia, Europa y Norteamérica, del Jurásico Medio al Cretácico Tardío (Sues & Norman, 1990). El pie en estos grupos tiene una estructura uniforme, por lo cual las huellas que generan estos dinosaurios, son similares en configuración (Thulborn, 1990), lo cual hace difícil su asignación taxonómica.

La longitud corporal que alcanzaban los hipsilofodontes varía de 1.4- 3.4 m, mientras que en los drosaurios va de 3- 4 m (cf. Lambert, 1983 pp 145-147). Comparando estos datos con el tamaño estimado que pudo haber alcanzado el dinosaurio que generó la huella de este morfotipo

(1.6 - 2.0 m), es más probable que la impresión haya sido producida por un individuo perteneciente a la Familia Hysilophodontidae, similar en tamaño a las formas jurásico tardías, para las cuales se ha reportado una longitud de 1.4- 2.0 m (*op. cit.*).

Por otra parte, se conocen las dimensiones podiales de individuos referibles al Género *Hysilophodon*, que tienen una longitud de 17 cm (*cf.* Tjulborn, 1990, p. 183, fig. 6.25c), lo cual denota por el tamaño de la huella de este morfotipo (16.5 cm), éste bien podría haber sido generado por un individuo con una dimensión podial como la ya mencionada.

Lo anterior refuerza la asignación taxonómica a dicha familia. Sin embargo, como existe incertidumbre, causada por lo reducido de la muestra, se considera injustificado asignar este morfotipo al Género *Hysilophodon*. Dado que la configuración de las huellas entre ornitópodos pequeños es similar, y que el poder de resolución a través del estudio icnológico se encuentra limitado, sólo se le asigna con reserva a la Familia Hysilophodontidae.

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- El alcance geocronológico de la Familia Hysilophodontidae, es del Jurásico Medio al Cretácico Temprano, y su distribución en este lapso, es prácticamente cosmopolita, ya que se reconocen restos provenientes de Norteamérica, Europa, Asia y Australia (*cf.* Sues & Norman, 1990).

Para el Jurásico Tardío, su distribución se restringe exclusivamente a la porción Noroccidental de los Estados Unidos (Formación Morrison, Colbert, 1985; Sues & Norman, 1990), y solamente se tiene un reporte icnico de esta misma edad para China (Shannon *et al.*, 1989).

Por lo tanto, la presencia de huellas atribuidas de esta familia en Chuta, Mich., constituye el primer registro icnico de hipsilofodontes para este mismo lapso en Norteamérica, y además posibilita extender su distribución geográfica conocida desde la porción norooccidental de Estados Unidos hasta la región Suroccidental Pacífica de México.

D) **Consideraciones Paleoccológicas.**- Los hipsilofodontes constituirían un grupo de organismos herbívoros que desarrollaron un eficiente aparato masticador, que permitiera procesar la materia vegetal (Sues & Norman, 1990; Norman, 1992).

La forma de los ápices de los dígitos de esta huella, sugiere uñas gruesas, romas y con margen en forma de "U", esto es, muy distintas a las impresiones de garras puntiagudas y bien desarrolladas que se observan en huellas teropódicas. Este hecho es congruente con las características diagnósticas que se refieren a las extremidades digitales que distinguen a las impresiones ornitópicas de las teropódicas (Thulborn, 1990).

De acuerdo con lo anterior, el grado de desarrollo de estas estructuras, estaría relacionado con los hábitos alimenticios de un grupo determinado. La configuración de la huella indicaría un individuo de hábitos herbívoros, lo cual concuerda con el modo de vida que se ha propuesto para esta familia.

Finalmente, las características del rastro indican a un individuo moderadamente activo, esto probablemente constituiría una estrategia para huir de sus depredadores.

?Familia Hypsilophodontidae Dollo, 1882

Gen. et. sp. indet.

Morfotipo E

Sinonimia.- Morfotipo D de Ferrusquia- Villafranca *et al.* (1978a,1978b), asignado al Suborden Ornithopoda *incertae sedis*.

(Figuras 9, 11; Tablas 7, 8)

Material referido.

Ejemplar: IGM-5393 (=IGCU-2542), impresión izquierda.

Caracterización.- Este morfotipo se distingue por los siguientes rasgos:

- Huella alargada de configuración subelipsoidal.
- Tamaño pequeño de 4.0 cm.
- Tridactilar mesaxónica, con dígitos alargados que terminan en ápices subredondeados.
- El dígito III es el más largo, el dígito IV es fraccionalmente más pequeño, y el II es el más corto y ancho.
- Escotaduras interdigitales con forma de "V" abierta entre los dígitos III-IV y de "V" cerrada entre II-III.
- Angulo de divergencia total de 53°; ángulos interdigitales entre II-III de 17° y entre III-IV de 36°.
- En la base del dígito V se observa una escotadura plantar apenas marcada sobre el margen posterolateral.
- Región plantar sumamente reducida.
- El margen posterior de la huella es ligeramente redondeado.

Discusión.

A) Asignación Morfológica.- La configuración que define a la huella podial que constituye este morfotipo es única, de igual forma su tamaño (4 cm) , el cual es por lo menos cuatro veces menor al más pequeño de los otros morfotipos (Tabla 7); en consecuencia, es necesario que sea considerada como un morfotipo aparte.

B) Justificación Taxonómica.- En el Apartado de la Justificación Taxonómica del Morfotipo D de esta dinosaurienofauna, se describieron y discutieron ya las características que definen a las huellas atribuidas a ornitópodos pequeños, por lo que es innecesario repetir las aquí.

La huella referida a este morfotipo, presenta prácticamente todas las características reconocidas como diagnósticas para las huellas atribuidas a ornitópodos pequeños, pero debido a la ausencia de rastros, no pueden valorarse las características 7 y 8. Esta huella es similar en

configuración y tamaño al icnogénero *Wintonopus* del Cretácico Medio de Australia (cf. Thulborn & Wade, 1984; Thulborn, 1990) atribuida a un ornitópodo pequeño. Sin embargo, debido a que sólo se cuenta con una huella y dado el alcance estratigráfico de dicho icnogénero, se prefiere no asignar este morfotipo al mismo; pero las semejanzas observadas entre ambos corroboran la afirmación de que este morfotipo fue producido por un ornitópodo pequeño.

La h estimada del individuo que generó esta huella es de 20 cm; por lo que la talla que pudo haber alcanzado dicho dinosaurio, oscila entre 40-60 cm como máximo. Los ornitópodos pequeños jurásicos tardíos presentaban una gran variedad en tamaño, desde 1.0-4.0 m (Lambert, 1983; Sues & Norman, 1990; Norman, 1992); de acuerdo con lo anterior, cabría suponer que existieran formas aún más pequeñas.

Para este periodo de tiempo los ornitópodos pequeños estaban representados por dos grupos, los drosaurios e hipsilofodontes. Los primeros, alcanzaban una talla que va de 3.0-4.0 m, mientras que los segundos varía de 1.4-3.4 m (Lambert, 1983).

Comparando la longitud corporal alcanzada por estos grupos, se observa que en los drosaurios ésta es más o menos uniforme, mientras que en los hipsilofodontes es variable, con individuos de talla pequeña a mediana (Norman, 1992). De acuerdo con esto es más probable que el dinosaurio que generó esta huella fuese un individuo de talla pequeña perteneciente a la Familia Hipsilophodontidae.

Debido a que sólo se cuenta con una huella, y a que su configuración y tamaño es único, la asignación a esta familia es tentativa. De pertenecer a este taxon, las diferencias observadas con el morfotipo anterior (Morfotipo D), podrían ser producto de variación intergenérica o interespecífica.

C) Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.- Este Apartado ya fue considerado en el morfotipo anterior, por lo que es innecesario repetir los conceptos e implicaciones antes mencionados.

D) Consideraciones Paleoeológicas.- Como se mencionó en el Apartado del Morfotipo D, los hipsilofodontes constituyeron un grupo de dinosaurios herbívoros que vivieron en el lapso Jurásico Tardío-Cretácico Tardío.

Nuevamente, la forma de los ápices de los dígitos de esta huella, sugiere uñas gruesas y romas, con margen en forma de "U". Como se explicó anteriormente, esto puede correlacionarse de manera indirecta con un cierto tipo de hábitos alimenticios, en este caso con la herbivoría.

Por otro lado, los índices morfométricos de la huella y dedos, sugieren a un individuo grácil y moderadamente activo, tal como ocurre en organismos herbívoros pequeños (Norman, 1992).

Finalmente, si se considera que este morfotipo podría representar la existencia de otro género y/o especie perteneciente a la Familia Hysilophodontidae, cabría suponer la existencia de más de una especie de estos organismos coexistiendo en un área determinada.

LA DINOSAURICNOFAUNA MITEPEC, CRETÁCICO TARDÍO, PUEBLA SW.

MARCO GEOGRÁFICO.

Localización

El Área Huachinanta-Mitepec se encuentra ubicada en la porción suroeste del Estado de Puebla (Lámina V), entre los 18° 13', 18° 18' Lat N y los 98° 54', 98° 59' Long W (Lámina VI), el área tiene forma rectangular cuyo lado mayor mide 9 km. y el menor 7 km. con una superficie que tiene una extensión de 64 km² aproximadamente. Político-administrativamente incluye parte de la porción central del Municipio de Jolalpan.

Acceso.

La principal vía de acceso es una carretera secundaria pavimentada que se desprende de la Carretera Federal 115, y que recorre al área en dirección SW-SE, enlazando a los poblados de Huachinanta y Mitepec. En el kilómetro 51 de dicha carretera, se desprende hacia el noroeste un camino pavimentado que conduce a San Vicente Mitepec; este mismo camino se bifurca hacia el suroeste y lleva a los poblados de Matzala y Cruz de Palma; de este mismo kilómetro se desprenden al sureste otros dos caminos de terracería que conducen a la Pastilleja. Finalmente, de la población Huachinanta se desprenden otros dos caminos de terracería en dirección E-SE que conducen a Mitepec.

Población y Cultura.

El área está poco poblada, el principal asentamiento con rango de Cabecera Municipal es Santa María Jolalpan que incluye a las poblaciones Huachinanta y Mitepec.

El municipio cuenta con escuelas a nivel preescolar, primaria y telesecundaria. Las principales actividades económicas son : La agricultura, ganadería de especies menores fovejas.

cabras y puercos) y pesca de bagre y mojarra. Así como también existe la explotación minera y forestal.

Rasgos Geomórficos.

El área presenta un sistema montañoso complejo, dentro de estas elevaciones destacan el Cerro Grande, con una altitud de 1280 msnm, Cerro Mitepetzin y El Mirador con una altitud de 1220 msnm y Cerro Santo Cristo con una altitud de 1140 msnm.

En el área existe una serie de barrancas asociadas a un sistema de fallas y fracturas, entre ellas están : La Barranca Temextla en la porción noroccidental, la Barranca Cachixixela en la porción nororiental, la Barranca Tecoanicha en la porción central, la Barranca Tepetlayeca en la porción sureste y en dirección NW-SE , la Barranca Atlameya.

Rasgos Hidrográficos.

El área se encuentra dentro de la subcuenca del Río Nejapa, afluente del Atoyac. Presenta un sistema de afluentes que recorren el área a través de fallas y fracturas.

Clima.

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano AwOw(i"), con una temperatura media anual de 22°C.

Biota.

La vegetación es una selva baja caducifolia asociada a material espinoso. La vertebradofauna es moderadamente variada.

MARCO GEOLOGICO.

Antecedentes.

El Área Mitepec-Huachinantla, Puebla Suroccidental, donde se ubican las localidades portadoras de huellas de dinosaurios, se encuentra en la región centromeridional de México, la cual es una de las más densamente pobladas del país, tiene importantes recursos naturales, asentados en un territorio geológicamente compleja, cuya constitución y evolución no se comprenden bien aún, a pesar de haber sido objeto de numerosos estudios desde el siglo pasado (cf. Felix & Leuk, 1899; Aguilera, 1896; Enciso-de la Vega, 1990; Geomex, 1994). La razón principal de esto, es el reducido número de trabajos detallados publicados, que incrementen significativamente la base de datos disponible.

La interpretación geológica regional comúnmente aceptada, se ilustra en la Lámina V, en ella se muestra que el basamento cristalino metamórfico paleozoico, está discordantemente cubierto por una secuencia cretácica de unidades sedimentarias marinas calizas, plegadas y afalladas formando estructuras de rumbo NNE-SSE, a su vez discordantemente cubiertas por la secuencia cenozoica sedimentaria continental y volcánica, que parece ocupar fosas o depresiones tectónicas aledañas a los horsts o pilares formados por el basamento y/o la secuencia cretácica. El área de estudio (Huachinantla-Mitepec), se encuentra en la porción central de la región ilustrada (Lámina V), e incluye parte de un pilar y de una fosa.

La literatura geológica específica de esta área y de zonas geográficamente próximas es escasa (cf. Johnson *et al.*, 1991; Jansma *et al.*, 1991; Vega & Feldman, 1992; González-Pacheco *et al.*, 1988; Martínez-Medrano *et al.*, 1992; Ferrusquía-Villafranca, 1993b; Tilton *et al.*, 1993). De estos estudios, los dos primeros describen la geología de áreas cercanas en el Estado de Guerrero; el tercero describe sucintamente la localidad fosilífera de Temalac, en Guerrero; y los demás son resúmenes. Ello significa que no se dispone de información cartográfico-geológica detallada previa

del Área Huachinantla-Mitepec, y que la presente, es la primera contribución al respecto; el trabajo de campo se realizó en 1993 y 1994, como se indicó antes (*cf.* Material y Método).

Litoestratigrafía y Estructura del Área Huachinantla-Mitepec, Pue.

Litoestratigrafía.- En el área aflora una secuencia sedimentaria marina cretácica (Figura 12, Lámina VI), integrada por las Formaciones Cuautla y Mexcala, plegada y afallada, que forman un pilar tectónico expresado por las montañas más altas; también está presente la secuencia cenozoica, formada por las Unidades Piroclástica y Lávica Inominadas, y por depósitos cuaternarios, que ocupa el graben adyacente.

Formación Cuautla.- Esta unidad fue propuesta por Fries (1960, p. 60), para la secuencia de calizas micríticas macizas (densas *loc. cit.*), dispuestas en capas grisáceas a masivas que afloran en los alrededores de Cuautla y otras partes del Estado de Morelos, en Iguala y zonas aledañas del Estado de Guerrero, en la región Suroccidental de Puebla (*op. cit.*, p. 61), aunque sin precisar localidades; y en otros sitios. Esta formación ha sido reconocida ampliamente en la región centromeridional de México [*cf.* Com. Carta Geol., 1974; López-Ramos, 1979a, 1979b; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992 (1993)]; empero, a causa de discontinuidades geográficas y complicaciones estructurales, tal reconocimiento en muchos casos no está satisfactoriamente sustentado. Dada la índole del presente trabajo, queda fuera de lugar el intentar aquí dilucidar esta cuestión, en consecuencia, el reconocimiento que se hace de la Formación Cuautla en el área de estudio, tiene carácter tentativo, y con ello se promueve la estabilidad nomenclatural, que no debe perturbarse a menos que se intente una revisión litoestratigráfica formal (NACSN, 1983).

Esta unidad en el área, forma pequeños cuerpos aislados, ubicados en las partes septentrional, oriental y el rincón suroccidental, cerca de los poblados Tetla (en el norte), Mitepec (este) y Matzala (suroeste). Está constituida por biomierita muy fosilífera argilácea, de color gris

rosado, dispuesta en estratos gruesos a masivos, bien litificados; porta foraminíferos, entre los que se identificaron *Quinqueloculina* sp. y *Nummuloculina* cf. *N. Heimi*, en subárea Matzala, la roca es una biomierita margosa levemente espatítica, de color gris pardo claro, que recuerda mucho a las calizas que forman interestratos masivos en la Formación Mexcala. Su espesor estimado es de 600m.

El contacto inferior no aflora en el área, pero se sabe que la Formación Cuautla sobreyace en discordancia a la Formación Morelos (Fries, 1960 p. 64); el contacto superior sólo pudo apreciarse en un pequeño afloramiento ubicado en el camino Mitepec-Xochitepec, parcialmente cubierto, donde la Formación Cuautla sobreyace concordantemente a la Formación Mexcala; en otros sitios, la relación entre estas dos unidades es por falla (Lámina VI).

La Formación Cuautla está afectada por fallamiento, el cual ocasiona basculamiento suave a moderado en los estratos. La edad de esta Formación es cenomaniense tardía - turoniana (*op. cit.*, p. 70); los fósiles identificados son congruentes con este dato.

Formación Mexcala.- Esta unidad también fue propuesta formalmente por Fries (1960, p. 72), para designar a la secuencia de arenisca, limolita y lutita calcárea interestratificada, que sobreyace a la Formación Cuautla y que aflora extensamente en los Estados de Morelos, Guerrero y zonas adyacentes de Puebla y Oaxaca, ocupando con frecuencia fajas sinclinales; presenta así mismo gran diversidad litica y complejidad estructural.

También como en el caso de la Formación Cuautla, el reconocimiento de esta unidad en la región centromeridional de México, no ha estado sustentado en evidencia suficiente, habida cuenta de la discontinuidad geográfica y de la complejidad litológica y estructural del Sistema Cretácico en ella; en consecuencia, la identificación que se hace de la Formación Mexcala en el Área Huachinantla-Mitepec, en ausencia de una revisión litoestratigráfica formal, tiene carácter tentativo y el fin práctico de no generar confusión nomenclatural (NACSN, 1983).

La Formación Mexcala tiene en el área de estudio un espesor de 750 a 1200 m, allora extensamente en el tercio suroriental, donde forma montañas redondeadas a aguzadas, entre las que destacan los Cerros Mitepetzin y Grande; estos dos últimos están coronados por toba riolítica soldada. A causa de la intercalación alternante de estratos limoargiláceos apizarrados, poco resistentes a la erosión con estratos calizos margosos bien litificados, resistentes a la erosión, como puede verse en el Cerro Mitepetzin, así como a la presencia de numerosas fallas, se forman lomas amesetadas o escalonadas, separadas por barrancas angostas y profundas de traza cuasirectilínea (Lámina VI).

Esta unidad tiene una modesta diversidad lítica, que atañe más a la textura que a la composición. Volumétricamente, la variedad dominante es la limolita argilácea micrítica margosa cuarzo-filarenítica, constituida por limoclastos de cuarzo de extinción ondulante y recta, que corresponden al 20-35% de la roca, dispuestos en una matriz micrítica que tiene además mica y arcilla detrital, así como escasos gránulos de espatita; presenta una interperización pizarriforme (shaley appearance), es de color gris clara a gris amarillento, y está dispuesta en estratos delgados a medianos; representa sedimentación marina somera a transicional de baja energía.

Otra variedad es la micrita margosa cuarzo-filarenítica, la cual difiere de la anterior, en poseer poca arcilla y en un mayor grado de litificación. La proporción de limoclastos puede variar desde un 20% a un 60% ó 65%; es claro que técnicamente cuando el material terrígeno forma la mitad o más de la roca, esta pasa a ser una arenisca (cuarzo-filarenita micrítica); en cualquier caso el ambiente sedimentario inferido es marino somero de baja energía y con un gran influjo terrígeno. Esta variedad es de color gris pardo claro y está dispuesta en estratos delgados a medianos.

También se encuentran calizas micríticas, bionmicríticas e intramicríticas donde el contenido de material terrígeno (cuarcítico o arcilloso) es muy bajo o casi inexistente, o puede llegar a ser de

un 20 a 30% , que las transforma en calizas margosas; su color varía de gris claro a gris rosáceo y aún rojizo pálido, en función de la cantidad de hematita o arcilla hematizada que posean. En general están dispuestas en estratos medianos a gruesos; y representan sedimentación calcárea marina somera con un influjo terrígeno que varía de nulo a moderado.

La secuencia cuasirrítmica que constituye a la Formación Mexcala, está integrada por un mayor volumen de argilita limosa que de las otras variedades. Su plasticidad ha ocasionado que haya respondido intensamente a los esfuerzos tectónicos, produciendo pliegues y fallas que le confieren tal complejidad estructural, que al presente no puede seguirse con certidumbre la secuenciación estratigráfica detallada aún en distancias de pocos cientos de metros, y que en consecuencia no se pueda ubicar con precisión la posición de las capas particulares, ni se conozca el espesor real de esta unidad, como ya lo señalaba el mismo Fries (1960, p. 80). En el presente trabajo no se intentó delucidar la estructura, sólo se identificaron algunos pliegues (un anticlinorio en el camino Mitepec-Xochitepec) y un anticlinal recostado cerca de la Localidad 3; las principales fallas y fracturas indican en la Lámina VI . sus rumbos principales son N-S, NE-SW y NW-SE; la presencia de capas verticales o euasiverticales es muy común.

En lo que respecta a la paleontología y edad, cerca de la Localidad 1, en estratos margosos micrítico-espáticos, se encuentra una gran cantidad de gasterópodos de tamaño mediano a grande (de 10 cm a 15 cm de longitud), referibles a *Trochacteon miodsi* del Campaniano Tardío - Maastrichtiano (Alencaster, G. & Buitrón, B., com. eser. Agosto, 1993). Cerca del puente del camino Huachinanta-Mitepec sobre la Barranca Tepetlayeca, próxima a esta misma localidad, en estratos masivos suavemente inclinados de micrita margosa cuarzo-filarenítica de color gris oscuro, se encuentran numerosos icnofósiles probablemente de crustáceos, cuya configuración recuerda a huellas de aves, por ser radiados y convergir en un punto; consisten de 4 a 7 radios de 20 a 50 mm de longitud, dispuestos en un abanico que no excede los 70°. La presencia de crustáceos en esta

unidad en localidades cercanas (Temalac, Gro.), ha sido documentada (Vega & Feldman, 1992). En este mismo estrato, se encontraron huellas de dinosaurios (Loc. 1). Estudios micropaleontológicos de la Formación Mexcala en Tierra Caliente Guerrero, cerca del área, desarrollados por H. Lang del Jet Propulsion Laboratory, Pasadena California, evidencian la presencia de foraminíferos maastrichtianos (H. Lang, com. escr., Octubre, 1993). Las huellas de dinosaurios serán discutidas en detalle más adelante, baste señalar aquí, que se encontraron en tres localidades distintas (Lámina VI), la primera (Loc.1) ha sido ya descrita; la Localidad 2, se encuentra sobre la Barranca Tepetlayeca, distante unos 500m al W de la anterior, en estratos de micrita margosa argilácea, interestratificados por argilita micrítica cuarzoofilarenítica de color pardo claro, dispuesta en capas delgadas, inclinadas unos 18° al N 65°W, y en conjunto tienen un espesor de 10 m; las huellas se encuentran en por lo menos dos estratos separados unos 80 cm entre sí, están cubiertas y sólo pudieron observarse lateralmente; de este sitio, aunque no de estos estratos en particular, procede la huella mejor preservada (ahora depositada en la Presidencia Municipal de Mitepec), que fue la primera descubierta en esta región (por T. Tilton de la Southwest Texas State University, San Marcos, Texas; cf. Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1994). La Localidad 3 es la más importante, se encuentra sobre el camino Huachinantla-Mitepec, a unos 2 km al WNW de la Localidad 1, en capas casi verticales de micrita margosa cuarzoofilarenítica, de color pardo pálido a crema, gruesas, de rumbo N13°W; y en un espesor virtual de unos 25 m, se observaron cuatro estratos portadores. La posición estratigráfica relativa de estas tres localidades, no puede establecerse, a causa de las complicaciones estructurales ya mencionadas, aún en el caso de las localidades 1 y 2 que son las más próximas, están separadas por fallas, y no puede precisarse el espesor del intervalo estratigráfico interpuesto; sin embargo, dado que la inclinación dominante de los estratos de la Formación Mexcala en esta área es hacia NNW, podría pensarse que la Localidad 3, se encuentra estratigráficamente arriba de las otras.

La correlación de esta unidad ha sido satisfactoriamente establecida por Fries (1960, Lám. 23), a ello podría agregarse, que es correlativa con la Formación Yucunama de la Mixteca (Ferrusquía-Villafranca, 1976), y con la Lutita Méndez del Noreste Mexicano y con el Grupo Difunta de Coahuila Meridional (Salvador & Quezada-Muñetón, 1991).

Secuencia Cenozoica. Sobreyace discordantemente a la Formación Mexcala, como puede apreciarse en los afloramientos próximos a la Localidad 3. En el área está constituida por una Unidad Piroclástica Innomiada, consistente en una sucesión de tobas y lapillitobas félsicas de textura y grado de soldamiento variable, de colores claros (rosa pálido, gris amarillento y verde pálido son comunes), aere y flujoemplazadas, que tienen un espesor acumulado de unos 200 m; aflora principalmente en el Valle de Huachinanta (mitad septentrional del área); variedades soldadas bien litificadas, coronan algunos de los cerros más altos, por ejemplo, El Cerro Santo Cristo y El Cerro Grande (Lámina VI).

Este cuerpo litoestratigráfico está cubierto por la Unidad Lávica Innomiada, consistente en derrames de andesita de clinopiroxena y de riolita, que ocurren en la mitad occidental del área y forman lomas bajas, redondeadas y alargadas. Finalmente depósitos aluviales cuaternarios y suelos, presentes en el Valle de Huachinanta (Lámina VI), completan la secuencia cenozoica. No se dispone de fechas radiométricas para establecer la edad de las unidades volcánicas; se le supone mesoterciarias, por analogía con unidades semejantes presentes en la región [cf. Fries, 1960; Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992 (1993)]

Estructura.-La descripción y discusión detallada de los rasgos estructurales presentes en el área, queda fuera del objetivo de este trabajo; al tratar las distintas unidades se hizo mención a los principales; a ello puede agregarse que en conjunto las unidades cretácicas forman un pilar tectónico, y que la secuencia cenozoica ocupa un graben o fosa; este patrón puede apreciarse

regionalmente (Lámina VI), y evidencia un marco tectónico distensivo (divergente), cuya significación no ha sido claramente establecida.

DESCRIPCIÓN SISTEMÁTICA DE LAS ICNITAS.

El conjunto de impresiones y moldes ha sido designado formalmente Dinosaurienofauna Mitepec, del Cretácico Tardío de Puebla, México. Dichas impresiones proceden de tres localidades (Lámina VI); de la Localidad 1 proceden dos impresiones, de la Localidad 2, que se encuentra sobre la Barranca Tepetlayeca, distante unos 500 m al oeste de la anterior, sólo procede una huella; mientras que de la Localidad 3, la cual se encuentra a unos 2 km al WNW de la Localidad 1 proceden la mayoría de las huellas.

El nombre de la dinosaurienofauna procede de la población Mitepec, que se encuentra 2.13 km. al sureste de la Localidad principal (Localidad 3), por la carretera que une Huachinantla-Mitepec. El afloramiento principal reconocido en la Localidad 3, comprende 38 subimpresiones (Figura 13) cuyo grado de preservación varía de bueno a moderado; su orientación preferencial (Figura 14) es NE-SE, destacando que van en dirección contraria a la paleolínea de costa. Dentro de este grupo de icnitas se reconocieron 2 morfotipos (Figura 15), el primero, Morfotipo A incluye 5 EMs podiales (ω , ψ , χ , ϕ , υ) que se interpretaron como impresiones de dinosaurios herbívoros referibles a los hadrosaurios; el segundo, Morfotipo B, del cual se cuenta con una impresión podial y la respectiva manual, se interpretó como perteneciente a dinosaurios herbívoros saurópodos. A continuación se describe y discute detalladamente cada uno de ellas.

Orden Ornithischia Seeley, 1877
Suborden Cerapoda Sereno, 1986
Infraorden Ornithopoda Marsh, 1881
Familia Hadrosauridae Cope, 1869
Gen. et sp. indet

Morfotipo A

EMs podiales ω , ψ , χ , ϕ , υ
(Figuras. 13, 15, Tablas 9, 10)

Material referido.

Ejemplares: 14 impresiones derechas ; 15 impresiones izquierdas; IGM-7432, IGM-7433, IGM-7434, IGM-7438 moldes derechos en yeso; IGM-7437 molde derecho ? en yeso; IGM-7435, IGM-7436, moldes izquierdos en yeso.

Caracterización.- Este morfotipo se distingue en las huellas podiales por los siguientes rasgos:

- Huellas isodiamétricas que tienden a ser redondeadas.
- Tamaño variable de 12- 30 cm, comúnmente alrededor de los 20 cm.
- Mesaxónicas tridactilares con dígitos que terminan en ápices subredondeados.
- El dígito medio es el más largo, los dígitos laterales son más cortos, subiguales en longitud y más anchos que el dígito III.
- Escotaduras interdigitales en forma de "V".
- Angulo de divergencia total de 50°- 65°.
- Los ángulos interdigitales son aproximadamente iguales y se encuentran alrededor de los

30°

- En la mayoría de las huellas, la impresión del talón es corta, simétrica con 2 escotaduras marginales, una sobre el margen posteromedial y otra sobre el posterolateral.

Ocasionalmente la porción posterior de la huella que corresponde a la superficie del talón es ancha y tiene un margen simétrico.

- Margen posterior de la huella tiende a ser redondeado.

Discusión.

A) Asignación Morfotípica.- Este morfotipo incluye 5 EMs podiales (ω , ψ , χ , ϕ , ν ; Figura 15), las cuales presentan los rasgos que lo caracterizan; en consecuencia, es innecesario describir cada una de ellas; estas semejanzas, indican que las huellas han sido generadas por organismos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico.

Las ligeras diferencias en configuración que se observan entre dichas expresiones, podría explicarse si se considera que la interacción dinámica entre el pie y el sustrato es distinta, dado que la actitud y posición de un individuo al generar una huella, no es necesariamente la misma, es decir, la morfología de una determinada huella se manifestará de manera diferencial de acuerdo con la actividad que el organismo realizaba (caminar, estar quieto, correr, agazaparse, *et. cet.*).

La estimación de un determinado tipo adaptativo de desplazamiento a partir únicamente de caracteres icnológicos es problemático, sin embargo, la morfología de una huella da una idea de la función para la cual estaba adaptada (Moratalla *et al.*, 1988). En el caso presente, la morfología de las huellas de este morfotipo, indica individuos dotados de miembros adaptados para soportar peso, pero con adaptaciones cursoriales; la mesaxonia y el carácter tridactilar son dos rasgos que indican este tipo adaptativo (Coombs, 1978). Si se considera que el individuo está quieto (inmóvil) o camina lentamente sobre sus extremidades posteriores, la superficie de contacto requiere de extensión mayor para soportar el peso, produce huellas anchas, redondeadas, con una región plantar ancha y con la superficie del talón de contorno redondeado, como ocurre para las EMs ω y

o; pero si el organismo adquiere una mayor velocidad, la superficie de contacto es menor, produciéndose entonces huellas moderadamente anchas, con dígitos relativamente más largas y dejando impresa sólo una parte del talón, como ocurre en las Expresiones Mórficas ψ , χ y ϕ . De acuerdo con lo anterior, este hecho podría explicar las diferencias morfológicas entre las EMs que constituyen a este morfotipo.

La gran variación en tamaño (12 cm vs. 30 cm) entre estas huellas, indica la presencia de individuos de diferentes tallas, lo cual parsimoniosamente podría corresponder a una muestra de una población natural, integrada por individuos juveniles y adultos que coexisten en un área determinada.

B) Justificación Taxonómica.- Las huellas atribuidas a hadrosaurios, han sido caracterizadas de la siguiente manera (Thulborn, 1990):

1. Huellas que son tan largas como anchas.
2. Miden comúnmente entre 40-50 cm; se han reportado ejemplos pequeños de 10 cm que han sido atribuidos a organismos juveniles (Currie & Sarjeant, 1979), aquellas inferiores a dicha longitud, han sido consideradas pertenecientes a bebes (Carpenter, 1992).
3. Tridactilares mesaxoicas, con dígitos cortos, anchos y que terminan en ápices redondeados.
4. Dígitos laterales más cortos que el dígito medio, subiguales en longitud, forma y ángulo de divergencia.
5. La divergencia total es por lo común de 65° .
6. El margen posterior de la huella tiende a ser redondeado.

En esencia todas estas características son claramente reconocibles en las huellas referidas a este morfotipo. Sin embargo, cabe destacar que las impresiones generadas por hadrosaurios, son

muy similares a las de iguanodontes, y muchas veces llega a ser difícil su identificación (Thulborn, 1990).

Algunos autores han considerado que la presencia de membranas interdigitales padiales en hadrosaurios (Osborn, 1912; Colbert, 1945; Langston, 1960), permitiría distinguirlas de las de los iguanodontes. Empero, a la fecha, estas estructuras no han sido identificadas con certeza (Thulborn, 1990), lo cual obliga a descartar este rasgo como diagnóstico de hadrosaurios.

El alcance estratigráfico de la Familia Hadrosauridae, restringido al Cretácico, permitió precisar la asignación taxonómica de las huellas de este morfotipo. Los hadrosaurios tuvieron una aparición tardía durante el Cretácico, apareciendo en último lugar en la evolución de los ornitópodos (Norman, 1992), constituyéndose pronto en los tetrápodos terrestres más diversos y abundantes del Cretácico Tardío (Weishampel & Horner, 1990). Algunos autores han considerado que los hadrosaurios probablemente ya se habían establecido antes del Campaniano (Lockley, 1985), según reportes de icnitas (atribuidas a este grupo) del Cretácico Temprano de Canadá (Currie & Sarjeant, 1979) y Colorado (Lockley, 1985). En el caso de iguanodontes, poco se sabe sobre impresiones cretácicas tardías de este grupo (Thulborn, 1990); se tienen escasos reportes sobre dientes aislados, referidos a *Craspedodon* y un esqueleto fragmentado incompleto y pequeño, referido a *Mochlodon*; ambos de Europa (Norman, 1992).

Por evidencia independiente, se determinó que la edad de la unidad litoestratigráfica portadora de las icnitas, se ubica en el lapso Campaniano-Maastrichtiano, lo cual permite referir a individuos generadores de estas huellas a la Familia Hadrosauridae. Esta asignación se robustece si se toma en cuenta, que tales icnitas tienen además las características diagnósticas de esta familia. La alternativa de que fuesen iguanodontes los generadores de este morfotipo es poco probable, habida cuenta de la deficiente evidencia disponible sobre la existencia de este grupo durante el Cretácico Tardío.

Por otra parte, la h estimada para este morfotipo, oscila entre 0.7-1.7 m, lo cual corresponde a individuos que podrían haber alcanzado 4 m de altura como máximo. Esto significa que los dinosaurios generadores de las huellas de este morfotipo llegarían a tener alturas del mismo orden de magnitud al observado en las formas hadrosaurias más primitivas que se conocen, y cuyos restos provienen de rocas que datan de comienzos del Cretácico Tardío; y en las cuales se ha reportado llegaban a medir 4.5 m en promedio (*cf.* Lambert, 1983, p 160; Norman, 1992, p. 116). Como se mencionó en párrafos anteriores, la edad de los estratos portadores es referible al Cretácico Tardío; y en general, las formas hadrosaurias de esta edad median de 7- 10 m de longitud corporal en promedio (Norman, 1992). Cabría suponer que la evidencia indirecta de este grupo de ornitópodos en la Región Centromeridional de México, sugiere la existencia de hadrosaurios de tamaño pequeño, comparado al que tienen estos hadrosaurios contemporáneos en otras partes del mundo.

Finalmente, la gran variación en tamaño que tienen estas huellas, sugiere que más de un grupo-edad estaba representado. La mayoría miden en promedio 20 cm (Tabla 9), y sólo el 19 % tienen un tamaño menor; si se considera que las huellas con longitudes alrededor de los 10 cm, son atribuidas a individuos juveniles (Currie & Sarjeant, 1979); el conjunto de huellas que constituye este morfotipo, reflejaría que los juveniles formaban sólo una pequeña fracción de la población, lo cual es análogo a lo que ocurre en reptiles modernos (*cf.* Romer, 1956).

C) Consideraciones sobre Distribución Geográfica y Edad Geológica.- Los hadrosaurios constituyeron el grupo de dinosaurios cretácicos tardíos más abundante y diverso de Laurasia; la mayoría de sus restos provienen de Norteamérica, Europa, Asia Central y del Este, y Sudamérica (Weishampel & Horner, 1990). Para este lapso, se han reportado huellas atribuidas a hadrosaurios en la porción centrooccidental de los Estados Unidos (Carpenter, 1992; Thulborn, 1990), en Argentina (Leonardi, 1981; Thulborn, 1990); y cabe destacar que también se han reconocido en el Cretácico Temprano de Columbia Británica, de Canadá (Langston, 1960).

La presencia de huellas atribuidas a hadrosaurios en la porción suroccidental de Puebla, México, constituye el registro más austral de este grupo en Norteamérica, y establece la probable continuidad física de su área de distribución a lo largo del territorio mexicano, desde la porción norte del país donde se han reconocido diversas localidades con restos óseos de hadrosaurios (Figura 1; Tabla 11), hasta la Región Centromeridional de México (Puebla).

D) Consideraciones Paleoecológicas.- Los hadrosaurios, conocidos comúnmente como "dinosaurios con pico de pato", presentaron un eficiente aparato masticador que les permitía alimentarse de fibras vegetales. La existencia de una poderosa musculatura mandibular y de baterías dentarias abrasivas, posibilitaba procesar materia vegetal muy dura y correosa. Estos rasgos asociados a la constitución robusta de los integrantes de esta familia, denotan a dinosaurios de hábitos herbívoros estrictos (Weishampel & Horner, 1990; Norman, 1992).

La configuración de las huellas que constituyen este morfotipo, presenta rasgos adaptativos propios de tetrápodos de constitución graviportal. La forma circularoide, con dedos cortos, anchos y robustos, mesaxonia poco acusada y región plantar ancha, son características propias de este tipo adaptativo (Moratalla *et al.*, 1988). Este hecho sugiere que los individuos no eran corredores habituales, pero sí habrían podido alcanzar ocasionalmente mayor velocidad en su carrera, dado el digitigradismo y la condición tridactilar que muestran sus huellas, ambos rasgos son propios de formas cursoriales (Coombs, 1978). Esta capacidad tal vez les permitía huir de sus depredadores. En suma, los rasgos derivados del análisis de las huellas de este morfotipo, denotan un modo de vida similar al inferido para los hadrosaurios, a partir de estudios osteológicos y de rastros de icnitas (*cf.* Weishampel & Horner, 1990).

Finalmente, se ha observado que los hadrosaurios eran organismos con un comportamiento gregario (Lambert, 1983; Weishampel & Horner, 1990; Norman, 1992); dicho comportamiento también se ha reconocido a partir de huellas, la frecuencia y orientación preferencial de

impresiones atribuidas a hadrosaurios, en los estratos del Grupo Mesaverde (Campaniano) de Colorado, Utah y Wyoming, indican dicha actividad, que probablemente serviría como un mecanismo antidepredador (Luckley *et al.*, 1983; Carpenter, 1992).

Idealmente la orientación preferencial de un individuo o grupo de individuos es muestreada utilizando rastros, aunque no necesariamente es la condición primordial para establecer dicho fenómeno (Carpenter, 1992). En este caso en particular, no se pudo reconocer ningún rastro, pero se observa que el 64 % de las huellas de este morfotipo presentan una tendencia general hacia el Este (Figura 14). Este hecho, sugiere que la mayoría de los individuos que constituirían esta población, se movían hacia una misma dirección y posiblemente con el mismo propósito (decidir cuál, sería fútil), ciertamente sugestivo de comportamiento gregario.

Orden Saurischia Seeley, 1877

Suborden Sauropodomorpha Huene, 1932

Infraorden Sauropoda Marsh, 1878

cf. Familia Titanosauridae Lydeker, 1885

Gen. et sp. indet

Morfotipo B

(Figuras. 13, 15; Tablas 9, 10)

Material referido.

Ejemplares : 37, impresión podial derecha; IGM-7439, molde derecho en yeso; 38, impresión manual derecha.

Caracterización.- Este morfotipo en la única huella podial que se pudo distinguir; presenta los siguientes rasgos:

- Huella de configuración subovoïdal, isodiamétrica negativa.
- Región plantar ancha.
- Tamaño pequeño de 24.5 cm.
- Dígitos dirigidos anterolateralmente.
- Sobre el margen lateral externo se observa una escotadura moderadamente profunda en forma de "U", y en frente de esta, sobre el margen lateral interno otra ligeramente marcada.

En la huella manual el morfotipo se distingue por los siguientes rasgos:

- Huella de configuración ovoïdal hiperancha.
- Tamaño pequeño de 16 cm.
- La mitad anterior de la huella es ampliamente oval, y presumiblemente esta superficie corresponde a la de los dígitos II, III y IV, los cuales no se encuentran individualizados.
- Sobre el margen posteromedial se observa una lobulación amplia cuya superficie corresponde presumiblemente a la impresión del dígito I; mientras que sobre el margen posterolateral se observa otra lobulación más pequeña y cuya superficie presumiblemente corresponde a la impresión del dígito V.
- Sobre el margen posterior, se observa una escotadura profunda en forma de "U" que separa a las lobulaciones correspondientes a las impresiones de los dígitos I y V.

Discusión.

A) Asignación Morfológica.- Sólo se dispone de una impresión podial referible a este morfotipo, cuya configuración única y completamente distinta a las otras huellas atribuidas a hadrosaurios; indica que fueron generadas por otro grupo de dinosaurios.

La impresión manual que se encuentra por delante de dicha huella podial (Figura 13) sugiere, dado su distribución espacial y tamaño, que corresponde a 2/3 de la huella podial; y que ambas impresiones fueron generadas por un sólo individuo.

B) Justificación Taxonómica.- Los rasgos considerados como diagnósticos de las huellas atribuidas a saurópodos, ya fueron discutidos en el Apartado sobre la Justificación Taxonómica del Morfotipo B de la Localidad Xochitlapileo, Oax., por lo que es innecesario repetirlos aquí. Las características tanto para huellas podiales como manuales, se reconocen en las impresiones atribuidas a este morfotipo.

Las familias de saurópodos cuyos individuos potencialmente podrían generar este tipo de huellas son : Vulcanodontidae (Jurásico Temprano); Cetiosauridae (Jurásico Medio-Jurásico Tardío); Brachiosauridae (Jurásico Medio-Cretácico Temprano); Camarasauridae (Jurásico Tardío-Cretácico Tardío); Diplodocidae (Jurásico Medio-Cretácico Tardío) y Titanosauridae (exclusivamente cretácica) (McIntosh, 1990).

Por evidencia independiente, se determinó que la edad de la unidad litoestratigráfica portadora de las huellas, es asignable al Cretácico Tardío (Campaniano- Maastrichtiano). Con base en el alcance estratigráfico, la consideración de que un individuo de la familia Vulcanodontidae, Cetiosauridae o Brachiosauridae como posible autor de este morfotipo, se descarta por razones estratigráficas. En consecuencia el dinosaurio generador podría ser con mayor probabilidad, un miembro de las Familias Camarasauridae, Diplodocidae o Titanosauridae. Sin embargo, los restos

cretácicos tardíos de las 2 primeras familias, provenientes de la Formación Nemegt en Mongolia; son muy escasos e incluyen restos parciales de cráneo y algunos elementos vertebrales (McIntosh, 1990). Dado que la base cognoscitiva de la evidencia de individuos pertenecientes a las Familias Camarasauridae y Diplodocidae para este lapso de tiempo es muy escasa y deficiente, y considerando la lejanía que existe entre la localidad de donde proceden sus restos y la localidad mexicana, es más probable pensar que el individuo que generó las huellas de este morfotipo, hubiese pertenecido a la Familia Titanosauridae; ésta incluye a los saurópodos predominantes en el Cretácico Tardío, y se les han identificado en numerosas localidades alrededor del mundo (Weishampel, 1990; McIntosh, 1990).

El tamaño de la huella podial (24.5 cm), es del mismo orden de magnitud del que tienen las huellas saurópodicas de la Formación Jindong del Cretácico de Corea, atribuidas a individuos juveniles (Lim *et al.*, 1989). Si se toma como referencia el criterio anterior, el individuo que generó las huellas de Mitepec, Pue. pertenecería al mismo grupo-edad. En este caso, la anterior es la explicación más parsimoniosa respecto a la edad del individuo. La interpretación de que el individuo productor de la huella es un saurópodo adulto de talla pequeña, es menos probable, pero objetivamente no puede descartarse, en razón de la evidencia disponible.

Finalmente, la h estimada es de 1.5 m, que sugiere a un individuo que pudo haber alcanzado de 3- 4 m de longitud corporal. Esto significa, que el dinosaurio generador de estas huellas, presenta una longitud que corresponde al 20% - 25 % de la de los titanosaurios cretácicos tardíos (*cf.* Lambert, 1983, pp. 125- 129); este hecho confirma entonces la consideración de una forma juvenil.

Debido a que la base informativa derivada del tamaño de la muestra es muy reducida, este morfotipo se asigna tentativamente a la Familia Titanosauridae, y su identidad esta dada

principalmente por razones estratigráficas y la dominancia de este tipo de saurópodos durante el Cretácico Tardío.

C) Consideraciones sobre Distribución Geográfica y Edad Geológica.- Los titanosaurios constituyen la única familia de dinosaurios saurópodos exclusivamente cretácicos, con una distribución prácticamente cosmopolita, aunque fueron más abundantes en Sudamérica e India (McIntosh, 1990). A la fecha, no se han reportado huellas saurópodicas atribuidas a la familia Titanosauridae, empero, sí se han descrito huellas de saurópodos en: El Cretácico Temprano de Texas (Thulborn, 1990; Pittman, 1992), el Cretácico Temprano de Australia (Thulborn & Wade, 1984), el Cretácico Tardío de España (Llompart *et al.*, 1984), y de Bolivia (Leonardi, 1989), y el Cretácico Tardío de la India una supuesta impresión manual derecha (Thulhorn, 1990). En consecuencia, la presencia de huellas referibles a titanosaurios del Tardieretácico en Puebla, constituye el primero y más austral registro fénico de titanosaurios en Norteamérica.

D) Consideraciones Paleocológicas.- Los saurópodos fueron dinosaurios herbívoros cuadrúpedos gigantes, con cabezas relativamente pequeñas y dientes simples (Hopson, 1977).

Como se ha mencionado en casos anteriores, la configuración de una huella, puede dar una estimación de un determinado tipo adaptativo de desplazamiento: en este caso, las impresiones que constituyen este morfotipo, presentan ciertos rasgos que denotan a un dinosaurio de tipo graviportal, con un desarrollo columnar de la extremidad. Entre tales rasgos están, su gran anchura, ser ovoidales y ausencia de mesaxonia. Estos hechos sugieren un pie y una mano condicionada para soportar a un individuo con una biomasa elevada, poco activo, de hábitos herbívoros, a juzgar por la ausencia de impresiones de garras. Todo ello es congruente con el hábito alimenticio que se ha sugerido presentaban los dinosaurios que integran a el Infraorden Sauropoda (McIntosh, 1990).

CONSIDERACIONES SOBRE LA SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICA- PALEONTOLÓGICA DE LAS DINOSAURICNTAS ESTUDIADAS.

SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICA.

La información geológica que puede derivarse de las icnofaunas, tiene entre otras, implicaciones acerca de edad, ambiente, marco paleogeográfico y marco tectónico. La edad, naturaleza continental y carácter autóctono de las dinosauricnofaunas en general, poseen valor informativo geográfico y paleogeográfico, lo cual a su vez, tiene implicaciones tectónicas. Por ejemplo, la presencia de dinosauricnofaunas de edad y estructura taxonómica similar en localidades geográficas ahora muy separadas, implica que en el pasado geológico correspondiente a esa edad, muy probablemente tales localidades se encontraban cercanas o podrían representar un territorio continuo. El caso opuesto, también es válido, en donde dinosauricnofaunas de edad y/o composición taxonómica manifiestamente diferentes, se encuentren muy próximas entre sí, o formando parte de un territorio ahora continuo. La incongruencia taxonómica y/o cronológica podría reflejar la existencia de barreras, ahora inexistentes, ocasionadas porque las localidades estaban distantes o pertenecían a tiempos diferentes, y han sido subsecuentemente yuxtapuestas. El aspecto ambiental tiene relación con el entorno ecológico de las faunas, y a causa del carácter autóctono de su registro icnológico, muestra una clara correspondencia con el sedimentario; ello permite transferir confiablemente información de uno a otro. Con las limitaciones del caso, estos diferentes aspectos se abordarán para cada una de las dinosauricnofaunas.

La Dinosauricnofauna Xochitlaxipilen.

Con respecto a la edad, cabe destacar que la información paleontológica de los invertebrados encontrados en el Grupo Tecocoyunca *partim*, permitió asignarlo al Jurásico Medio.

A su vez esta información geocronológica objetiva e independiente, permitió restringir el abanico de posibilidades taxonómicas y concretar la identificación de los morfotipos reconocidos en la Localidad Xochitlapileo, Oax.

La información geológica referente al ambiente de depósito más probable para el Grupo Tecocoyunca *partim* (complejo deltaico), sugiere que la comunidad dinosauriana de dicha localidad, integrada por celurosaurios y saurópodos, se desarrolló en un escenario de planicies próximas a cuerpos de agua.

Por lo concerniente a la paleogeografía y evolución tectónica, es necesario hacer notar que la información disponible de este tipo (*cf.* Morán-Zenteno *et al.*, 1993; Ferrusquía-Villafranca, 1993b; *et cet.*) para nuestro país, dista mucho de ser satisfactoria, a causa de lo reducido de la base factual publicada y desde luego utilizada para generar las diversas hipótesis o modelos respectivos (*cf.* Ross & Scotesse, 1988; Sedlock *et al.*, 1993; Smith *et al.*, 1994; *et cet.*).

Resulta claro que durante el Jurásico Medio, la gran proximidad de las Placas Litosféricas Norteamericana, Sudamericana y Africana (Ross & Scotesse, 1988; Smith *et al.*, 1994), preclude el que, el territorio nacional hubiese ocupado la posición geográfica que presenta ahora y que hubiera tenido la configuración actual. Por otro lado, objetivamente se desconoce cual fue la constitución litosférica y la configuración que pudo haber tenido este territorio en ese tiempo; no obstante se han propuesto numerosos modelos hipotéticos. De estos hechos, se desprenden las siguientes implicaciones:

1. Los organismos terrestres mesojurásicos de Norteamérica, Sudamérica y África, no habrían enfrentado entonces las grandes barreras biogeográficas oceánicas que ahora separan a este tipo de organismos; ello habría conducido a una homogenización de la biota terrestre mesojurásica.

2. En el caso de los dinosaurios, se esperaría la presencia de taxa similares en estos tres continentes durante el Jurásico Medio. Efectivamente, el registro paleontológico de este grupo, muestra que tal similitud existe (Romer, 1966; Carroll, 1988; Weishampel, 1990).

3. La presencia de estos taxa en la Dinosauriofauna Xochitlapilco, indica que el territorio ocupado por los dinosaurios ahí registrados, debió formar parte del área de distribución de la biogeográficamente homogénea dinosauriofauna mesojurásica Afro-Norte-Sudamericana. A su vez, ello implica que este territorio debió estar próximo a cualquiera de estas placas litosféricas (Norteamericana, Sudamericana y Africana); y por lo que se conoce de la evolución geológica de nuestro país, es más probable que la placa correspondiente debió haber sido la Norteamericana.

La Dinosauriofauna Chuta.

Con respecto a la edad, la identificación taxonómica de los componentes de esta dinosauriofauna, permitió reducir la incertidumbre de la asignación geocronológica de la unidad litoestratigráfica portadora de las icnitas del lapso Jurásico Tardío-Cretácico Temprano (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b), al Jurásico Tardío.

La información geológica referente al ambiente de depósito, una llanura de inundación (*cf.* Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1978a, 1978b); sugiere que la comunidad dinosauriana establecida en Chuta Mich., constituida por celurosaurios y carnosaurios entre los dinosaurios carnívoros, y camptosaurios e hipsilofodontes, entre los herbívoros; se desarrolló en un escenario de planicies costeras.

En cuanto a la paleogeografía y a la evolución tectónica, se sabe que durante el Jurásico Tardío, Pangea comenzó a fragmentarse y los bloques resultantes se separaron, derivando en direcciones diferentes (*cf.* Seyfert & Sirkin, 1973; Ross & Scotese, 1988; Smith *et al.*, 1994); lo cual implicó que las comunidades bióticas terrestres se separaran también (por vicarización), y que

surgieran en ellas taxa exclusivos de cada uno de los bloques continentales resultantes. El registro de los dinosaurios confirma esta inferencia (Romer, 1966; Carroll, 1988; Weishampel, 1990). En el caso de la Dinosauriofauna Chuta, conviene señalar que taxonómicamente es más próxima a la de la Formación Morrison del Oeste Norteamericano (cf. Colbert, 1985; Weishampel, 1990). Esto a su vez, muy probablemente refleja la continuidad física de las áreas de distribución de las faunas Morrison y Chuta, o más aún, que el área de distribución de la dinosauriofauna norteamericana registrada en Morrison se extendía meridionalmente por lo menos hasta la porción Pacífica sureña de México, que ahora corresponde al límite interestatal Michoacán-Guerrero, registrado por la Dinosauriofauna Chuta.

La Dinosauriofauna Mitepec.

Con respecto a la edad, la información paleontológica de los invertebrados de la Formación Mexcala asignada al Cretácico Tardío, permitió nuevamente establecer la identidad taxonómica de los morfotipos reconocidos en la localidad Mitepec, Pue.

Del mismo modo que en los casos anteriores, la información geológica referente al ambiente de depósito inferido a partir de la evidencia lítica (complejo deltáico), sugiere que la comunidad dinosauriana reconocida para esta localidad, se desarrolló en un ambiente donde existía cerca un cuerpo de agua.

Finalmente, con referencia a la paleogeografía y la evolución tectónica, puede decirse que durante el Cretácico Tardío, las Placas Litosféricas Africana, Norteamericana y Sudamericana adoptaron una configuración y posición geográfica muy parecidas a las que tienen al presente (cf. Seyfert & Sirkin, 1973; Ross & Scotese, 1988; Smith *et al.*, 1994). La constitución geológica así como la configuración y localización geográficas precisas del territorio nacional para este lapso, se conocen todavía imperfectamente (*op. cit.*).

En el escenario geográfico regional mencionado, donde ya están establecidas las enormes barreras oceánicas que separan Norteamérica, Sudamérica y África, cabría esperar que se hubiesen desarrollado en estos continentes biotas terrestres endémicas, propios de cada uno de ellos. Desde luego, habría ocurrido algo similar con las dinosauriofaunas. El registro paleontológico de estos organismos es congruente con esta inferencia (Romer, 1966; Carroll, 1988; Weishampel, 1990).

En el caso de la Dinosauriofauna Mitepec, sus afinidades biogeográficas son mayores con las dinosauriofaunas de la porción Centrooccidental de los Estados Unidos (Grupo Mesaverde de Colorado, Utah y Wyoming, Formación North Horn de Utah) y Texas (Formación Javelina, Formación El Picacho) (cf. Weishampel, 1990). De hecho, los registros ícticos de herbívoros (hadrosaurios en su mayoría y algunos saurópodos), constituyen el límite austral de la distribución geográfica de estos taxa en Norteamérica.

Por otro lado, la información icnológica es congruente con la interpretación paleogeográfica derivada de los estudios geológicos (cf. Fries, 1960), que consideran la presencia de tierras emergidas en el suroeste de Puebla y porciones adyacentes de Guerrero y Morelos durante el Cretácico Tardío, en respuesta a la regresión regional del mar en ese entonces y más aún, que la línea de costa debió estar en esa zona, aunque haya discrepancias sobre su traza precisa. Lo que debió ocurrir, es que cualquiera que haya sido la configuración de ella, existía continuidad física entre el territorio habitado por los dinosaurios de Mitepec y el de sus congéneres estadounidenses.

SIGNIFICACIÓN PALEONTOLÓGICA.

Representatividad de las muestras.

Con respecto a otros yacimientos alrededor del mundo que cubren vastas áreas geográficas, conocidas como megayacimientos, *i.e.* estratos portadores de icnitas de varias decenas o incluso miles de kilómetros cuadrados (*cf.* Lockley & Pittman, 1989), los afloramientos estudiados (Xochitlapileo, Chuta y Mitepec, respectivamente), tienen una pequeña extensión, y representarían menos del 5% del área de alguno de los megayacimientos conocidos. Sin embargo, aún cuando los estratos portadores de las icnitas presentan áreas reducidas, en ellas se encuentra un número suficiente de huellas de dinosaurios, y se puede considerar de acuerdo con el índice de dinoturación propuesto por Lockley & Conrad (1989) que los estratos de cada una de las localidades estudiadas se encuentran moderadamente dinoturbados. Esto es, se trata de sustratos mesozoicos que fueron afectados por dinosaurios, y que constituyen un indicador del impacto dinosauriano en una determinada área. De hecho, en la Localidad Chuta, Mich., con una área de 12 m² aproximadamente, se logró reconocer probablemente a cuatro grupos de dinosaurios a partir de sus huellas.

Las huellas de dinosaurios conforman la mayor parte del registro icnológico conocido para los vertebrados terrestres, ya que son las evidencias indirectas más abundantes durante la historia geológica del planeta, además de ser las más numerosas con respecto a otras clases de vertebrados terrestres (Lockley & Gillette, 1989). De acuerdo con lo anterior, el presente estudio de este tipo de evidencias en México, a pesar del pequeño tamaño de los afloramientos, es sumamente importante, y ayuda a esclarecer ciertos aspectos paleobiológicos (comportamiento individual, edad, tamaño, *et cet.*), no detectables a partir de restos óseos.

Diversidad taxonómica registrada.

La mayor parte del conocimiento sobre la diversidad de grupos de dinosaurios que se tienen reportados para la República Mexicana, procede de sus restos óseos, los cuales en su mayoría han sido encontrados en numerosas localidades cretácicas tardías (Campaniano-Maastrichtiano) del norte del país (Figura 1).

A través de este estudio icnológico, fue posible detectar la presencia de nuevos grupos de dinosaurios (Tabla 12). En lo que se refiere a dinosaurios terópodos, anteriormente se reconocían cinco familias cuyo restos proceden del Cretácico Tardío de Baja California Norte, Sonora y Coahuila (Figura 1; Tabla 12). En el presente trabajo se reconocen otras dos, probablemente tres, familias adicionales de terópodos (Coeluridae, Allosauridae y/o Ceratosauridae); incrementándose así su diversidad en un 50%; así mismo se evidencia su presencia en el Jurásico Medio de Oaxaca y Jurásico Tardío de Michoacán.

Los saurópodos sólo se conocían a partir de algunos restos fragmentados procedentes del Jurásico de Puebla (Ortega-Guerrero, 1989). A partir del análisis derivado de las huellas, se reconoció la presencia de otras dos familias saurópodos. Una no descrita para el Jurásico Medio de Oaxaca y un individuo probablemente perteneciente a la familia Titanosauridae, del Cretácico Tardío de Puebla. Cabe destacar que este último registro icnológico, constituye la primera evidencia de la existencia de saurópodos para nuestro país durante el Cretácico Tardío.

Por otra parte, se reconocieron dos familias de ornitópodos (Camptosauridae e Hysilophodontidae), previamente no reportadas para nuestro país; cuyas evidencias indirectas proceden del Jurásico Tardío de Michoacán, y que constituyen el primer reporte de la existencia de dichas familias en México para este lapso de tiempo.

En consecuencia, el reconocimiento de seis o siete familias a partir de huellas previamente no reportadas para México, incrementa el registro de la diversidad de dinosaurios en un 70%. Cabe

destacar que este porcentaje solamente refleja una idea de la posibilidad de que verdaderamente nos encontremos frente al número de familias antes mencionado, dado que, hay que recordar que el poder de resolución informativo a partir exclusivamente de huellas es limitado.

Implicaciones sobre tamaño y edad.

Es claro que los dinosaurios presentaron una gran variedad en lo que a tamaño se refiere, se han reconocido desde formas pequeñas, del tamaño de una gallina como *Compsognathus*, hasta enormes bestias de más de 30 metros de longitud como *Seismosaurus*. El reconocimiento del tamaño y sus diferencias a partir de icnitas, permite detectar (bajo determinadas suposiciones) la presencia de organismos de distintos tamaños y edades (Lockley, 1993), por lo cual, su estimación a partir de la dimensión h, plantea la posibilidad de conocer la estructura de las poblaciones dinosaurianas, aunque de manera aproximada.

Las formas celurosaurias jurásicas tardías de mayor talla descritas a la fecha, miden de 2.0-3 m de longitud (Lambert, 1983). Se considera que éste es el tamaño que probablemente alcanzaron en su estado adulto, ya que no se conocen formas más grandes. La h estimada de los individuos generadores de las icnitas del Jurásico Medio de Oaxaca atribuidas a celurosaurios (0.6-0.8 m), y del Jurásico Tardío de Michoacán (0.6- 0.7 m; 0.8-1.0 m) indican dinosaurios con una talla estimada de 1.20- 1.60 m y de 1.20 y 2.0 m, respectivamente. De acuerdo con lo anterior, se trataría de individuos celurosaurios adultos de talla pequeña, en el caso de las formas de Xochitlapilco, Oax.; y de individuos juveniles y adultos en el caso de Chuta, Mich., dado que como se discutió en su oportunidad, parece ser que más de un grupo-edad estaba representado.

Los camosaurios jurásicos tardíos se encontraban representados por dos grupos, los alosaurios y los ceratosaurios, cuyas longitudes en los adultos eran de 6.0 m y 12.0 m, respectivamente (Rowe & Gauthier, 1990; Colbert, 1985; Norman, 1992). Como se mencionó en

el Apartado de Justificación Taxonómica del Morfotipo B de la Dinosauriofauna Chuta, se considera que el individuo generador de las huellas, fue un camosaurio juvenil, perteneciente a la Familia Allosauridae o Ceratosauridae.

En cuanto a las formas herbívoras, la mayoría de los saurópodos midieron entre 14-15 m de longitud, aunque algunas formas rebasaban los 30 m (McIntosh, 1990). De acuerdo con esto, las impresiones saurópodos de Mitepec, Pue., muy probablemente fueron producidas por individuos juveniles de este infraorden.

Mención aparte, requieren las impresiones sauropódicas de Xochitlapilco, ya que al tratarse de saurópodos pequeños aún no descritos, no pueden compararse sus tallas con las longitudes de las familias saurópodos ya conocidas; por lo tanto, se considera que estas icnitas fueron producidas por organismos adultos, subadultos y un juvenil de una familia saurópoda no descrita aún.

Dentro de los ornitópodos pequeños, se encuentran los hipsilofodontes, los cuales en el Jurásico Tardío presentaban longitudes que varían de 1.4 a 2.0 m (Lambert, 1983); de acuerdo con esto, la impresión del Morfotipo D de la Dinosauriofauna Chuta, cuya h estimada de 0.8 m y una talla de 1.6- 2.0 m como máximo, habría sido producida por un individuo adulto de la Familia Hysilophodontidae. Por su parte, el Morfotipo E de la misma dinosauriofauna, habría sido producido por un individuo adulto de talla pequeña, probablemente de la familia antes mencionada. Es poco probable de que se tratase de una forma juvenil del Morfotipo D reconocido en Chuta, Mich., ya que la configuración de la huella y su tamaño son completamente distintos.

Los grandes ornitópodos jurásicos tardíos están representados por los camptosaurios, que alcanzaban una longitud de 5 a 7 m (Lambert, 1983; Norman, 1992); según la h estimada (0.9- 1.7 m) de las dos huellas pertenecientes al Morfotipo C de la Dinosauriofauna Chuta, habrían sido generadas por un camptosaurio juvenil y uno adulto, respectivamente.

En lo referente a las formas ornitópodos cretácicas, los hadrosaurios presentaban una longitud que va de los 4.5 m, en los más antiguos hasta 7-10 m en los más recientes (cf. Weishampel & Horner, 1990). Como se mencionó en el Apartado de Justificación Taxonómica del Morfotipo B de la Dinosauriofauna Mitepec, del Cretácico Tardío de Puebla, las huellas de este morfotipo fueron producidas por juveniles y adultos de tamaño relativamente pequeño, en comparación a las formas hadrosaurias descritas para este lapso, lo que implica la existencia de dinosaurios "picos de pato" de tallas similares a las formas más antiguas de este grupo que se conocen.

Paleoecología.

Las huellas constituyen un censo de animales activos en una determinada área y tiempo. El reconocimiento de taxa exclusivamente a partir de sus huellas, es un recurso metodológico que permite realizar algunas inferencias acerca de las comunidades a las que pertenecían. Esto se hizo para las tres icnofaunas, y a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Consideraciones paleoecológicas y significación taxonómica de la Dinosauriofauna Xochitlapilco, Jurásico Medio de Oaxaca Noroccidental. Ella representa una asociación icnológica constituida por formas saurisquias tanto herbívoras como carnívoras. Cabe destacar que el grupo de los dinosaurios carnívoros fue el primero en evolucionar y diversificarse durante el Triásico Tardío - Jurásico Temprano. En esta icnofauna, se observa un claro dominio de formas terópodos celurosaurias de pequeña talla (58%) con respecto a las otras; ello concuerda en cierta forma con la abundancia reportada para este grupo en las Formaciones jurásicas tempranas Moenave, Kayenta y Navajo del Oeste de Norteamérica (Norman, 1990; Lockley, 1993); la icnofauna de Xochitlapilco reflejarla la presencia de celurosaurios sobrevivientes de otras

latitudes, en lo que hoy es el noroeste de Oaxaca. De haber ocurrido así, se evidenciaría el claro éxito de estas formas en Norteamérica durante el Jurásico Temprano y Jurásico Medio.

La existencia de huellas referibles a saurópodos en esta localidad, incrementa el conocimiento de la presencia de este tipo de impresiones para el Jurásico Medio, dado que el registro icnológico de este grupo llega a ser abundante sólo hasta el Jurásico Tardío (Lockley, 1993). Se ha observado que las evidencias de saurópodos se encuentran distribuidas a través de un gran espectro de ambientes sedimentarios. Para la Formación Morrison del Jurásico Tardío de Norteamérica, los hábitats incluyen lagos y pantanos (Dodson, 1990). En la Formación Tendaguru del Jurásico Tardío de Tanzania, algunas veces se encuentran restos de saurópodos mezclados con invertebrados marinos y las concentraciones principales de huesos, están depositadas cerca de la costa (Russell *et al.*, 1980). En la Caliza Glen Rose (Cretácico Temprano) de Texas, se hallan abundantes rastros de saurópodos preservados en lodolitas dolomíticas que representan depósitos internareales y supramareales adyacentes a una laguna (Farlow, 1987). Los restos de saurópodos del Cretácico Temprano de Wealden (Inglaterra), a menudo se encuentran en hábitats acuáticos o marinos someros (Allen, 1975). Todos estos estudios sugieren que los saurópodos prosperaron bajo condiciones de humedad. Como se mencionó anteriormente (Apartado sobre Significación Geológica de la Localidad Xochitlapilco, Oax.), el ambiente inferido en el cual se desarrolló la comunidad dinosauriana presente en dicha localidad (planicies próximas a cuerpos de agua), es semejante al observado para dinosaurios saurópodos en otras localidades.

Por otra parte, la asociación terópoda-saurópoda observada en Xochitlapilco, Oax., es hasta la fecha, la única reportada para el Jurásico Medio en Norteamérica lo que le confiere una gran significación.

Finalmente esta asociación faunística representa la evidencia indirecta de dinosaurios saurisquios tanto herbívoros como carnívoros durante el Jurásico Medio en Norteamérica,

estableciendo la continuidad filogenética de este grupo de vertebrados terrestres durante este periodo; y enlazándolo con los registros triásicos tardíos-jurásicos tempranos de la Formación Kayenta, los jurásicos tempranos de la Formación Navajo, y con los jurásicos tardíos de la Formación Morrison (Colbert, 1985).

Consideraciones paleoecológicas de la Dinosauriofauna Chuta, Jurásico Tardío de Michoacán meridional. Esta fauna refleja un aumento en cuanto a la diversidad de grupos de dinosaurios. Por una parte persisten las formas terópodos celurosaurias pequeñas, pero a su lado, se reconocen otras de mediana talla, como carnosaurios de las Familias Allosauridae y Ceratosauridae. Las formas herbívoras saurópodos que para este lapso alcanzaron su cenit (Lockley, 1993), han sido reemplazadas por nuevos dinosaurios herbívoros ornitópodos de las Familias Hypsilofodontidae y Camptosauridae. En consecuencia, el conjunto de huellas reconocidas en esta localidad, representa una asociación de formas carnívoras terópodos y ornitópodos herbívoros de pequeña a mediana talla, que habitaban un ambiente húmedo de tierras bajas típico de una planicie costera. Esta asociación es muy similar a la observada en la Formación Morrison del Jurásico Tardío de Colorado, cuyos estratos reflejan un ambiente que ha sido interpretado como una cuenca lacustre de modesto tamaño, sujeta a fases periódicas de sequía (Dodson, 1990; Lockley, 1993); aún cuando los paleoambientes inferidos para Chuta, Mich., y la Formación Morrison del Oeste Norteamericano son un tanto distintos, aún subsiste el hecho de que los dinosaurios establecidos en dichas localidades prosperaron bajo condiciones húmedas en lugares donde se encontraba cercano un cuerpo de agua.

Finalmente, cabe destacar que la comunidad dinosauriana establecida en esta localidad, difiere de la establecida en la Formación Morrison, en que en esta última se han detectado evidencias de dinosaurios saurópodos coexistiendo con los grupos de dinosaurios reconocidos en Chuta, Mich., este hecho podría indicar que en la región Pacífica Sur de México durante el Jurásico

Tardío, los saurópodos no fueron abundantes mientras que en regiones más septentrionales, tuvieron mayor éxito; o bien, que la ausencia de dicho grupo en Chuta, Mich., refleja un fenómeno aleatorio debido a que la extensión del afloramiento donde se reconocieron las icnitas es muy pequeña (2 m² aproximadamente). Dado que el tamaño de la muestra en Chuta, Mich., es escaso en comparación al de la Formación Morrison (Colbert, 1985), se prefirió tomar una actitud más conservadora y se considera que esta última hipótesis para explicar la ausencia de saurópodos en la localidad mexicana es la más viable, ya que si se ha reportado la existencia de este grupo de dinosaurios para el Jurásico de Oaxaca y Puebla; cabría suponer que también pudieron haberse establecido en otras regiones del país para este lapso.

Consideraciones paleoecológicas de la Dinosauriofauna Mitépec, Cretácico Tardío de Puebla Suroccidental.- Esta fauna muestra un claro dominio de formas herbívoras ornitópoda del grupo de los hadrosaurios ("picos de pato"); este hecho es congruente con el abundante registro óseo de hadrosaurios para esta época, en numerosas localidades de Europa, Asia y Norteamérica (Weishampel & Horner, 1990; Weishampel, 1990). En relación a esto, cabe señalar que en numerosas localidades de la porción Centrooccidental de Estados Unidos (Formación Mesa Verde de Colorado, Utah y Wyoming), las huellas predominantes son de hadrosaurios (Carpenter, 1992; Lockley, 1993); empero en localidades más australes, las evidencias de este grupo, empiezan a disminuir, y aparecen otras formas herbívoras cretácicas tardías, los saurópodos de la Familia Titanosauridae. Esta tendencia continúa meridionalmente, de modo que en Sudamérica, un continente gondwánico, los titanosaurios tienen su mayor diversidad y abundancia (Bonaparte, 1984). Es posible que la presencia de icnitas saurópoda atribuibles a individuos de esta familia en México Centromeridional (Puebla), reflejen el desplazamiento de este grupo hacia la parte sur del Continente Americano. El éxito de esta familia en Sudamérica, tal vez se explique por haber quedado a salvo de la competencia que podrían haberle causado otros dinosaurios herbívoros, por ejemplo de las Familias Hadrosauridae y Ceratopsidae las cuales son más abundantes y diversas en Norteamérica (Morris, 1973; Carroll, 1988). Esto corresponde a un patrón biogeográfico de exclusión ecológica, bien conocido por ejemplo entre las Familias Lacertidae (en Eurasia) e Iguanidae (en Norte y Mesoamérica) [Ferrusquía- Villafranca, com. oral, Sept., 1995].

Finalmente estas huellas representan una comunidad de hadrosaurios que vivían en un hábitat transicional, registrado por un complejo deltáico, el cual incluye un subambiente lagunar marino. Se ha observado, que los hadrosaurios se conocen de depósitos de planicies costeras superiores, planicies costeras inferiores y complejos deltáicos (Weishampel & Horner, 1990). Este hecho es congruente con el ambiente de depósito inferido en el cual se desarrolló la

Dinosauriofauna Mitepec, Pue., la existencia de este tipo de impresiones no es azarosa sino que está estrechamente relacionada con un determinado hábitat, en este caso por la preferencia de ambientes húmedos, donde al menos existía cerca un cuerpo de agua.

Paleobiogeografía.

Los dinosaurios fueron el grupo dominante durante la Era Mesozoica, sus restos, se encuentran en casi todos los continentes. Aún cuando estos organismos han quedado extintos, en principio es posible conocer de manera aproximada, su distribución paleobiogeográfica a partir de sus evidencias directas y/o indirectas, y de configurarla para los diversos grupos de dinosaurios.

Durante el Jurásico Medio, tanto las formas saurópodos como las celurosaurias presentaban una distribución "cosmopolita", ya que sus restos se han encontrado en estratos de formaciones norteamericanas, europeas, asiáticas y africanas. En este lapso todavía los bloques litosféricos continentales se encontraban muy próximos entre sí, constituyendo el Supercontinente Pangea (cf. Seyfert & Sirkin, 1973; Ross & Scotese, 1988). En este escenario paleogeográfico, no es extraño pensar que estas formas habitaran también áreas de nuestro país, dado que las distancias entre los diferentes bloques continentales habrían sido mucho menores a lo que son actualmente.

A finales del Jurásico Medio, el Supercontinente Pangea comenzó a fragmentarse (*op. cit*) por lo que las faunas dinosaurianas quedaron aisladas y fueron menos cosmopolitas; este hecho indica que las comunidades establecidas empezaron a regionalizarse durante el Jurásico Tardío y el Cretácico.

La Dinosauriofauna Chuta, como ya se mencionó, es similar a la registrada en estratos de la Formación Morrison del Oeste de Norteamérica; así mismo es también la localidad más cercana a ésta, lo cual permite inferir que las formas de Michoacán están relacionadas con las de la formación antes mencionada. En ambos yacimientos hay evidencias de dinosaurios carnívoros de

pequeña talla (celurosaurios) y de mediana talla (carnosaurios), así como de ornitópodos de talla mediana (camptosaurios) y otras formas más pequeñas (hipsilofodontes). De hecho la única diferencia notable es la presencia de saurópodos en la Formación Morrison, hasta ahora no registrado en Chuta, pero evidenciado en Xoelictlapilco (Jurásico Medio) y Mitepec (Cretácico Tardío). Podría pensarse que su ausencia en Chuta se deba a la preferencia de hábitats, ya que la fauna terópodo-saurópoda de la Formación Morrison es representativa de un paleoambiente de savana con regímenes climáticos estacionales (Lockley, 1993), mientras que la fauna de Chuta se estableció en una llanura costera. Por otro lado, la pequeñez de la localidad, y su aislamiento, podrían haber sesgado el registro de modo que su ausencia podría ser un fenómeno aleatorio.

Finalmente la presencia de estos grupos en la localidad estudiada, muestra que los celurosaurios, alosáurios y/o ceratosaurios, camptosaurios e hipsilofodontes, alcanzaron porciones más australes de Laurasia, presentando una distribución en Norteamérica desde la parte Centromeridional de Estados Unidos hasta la porción suroccidental de Michoacán.

El hallazgo de impresiones de hadrosaurios y titanosaurios en Puebla (durante el Cretácico), sugiere que la distribución geográfica de estos grupos en Norteamérica, se extendía mucho más al sur de lo que se creía anteriormente (McIntosh, 1990; Weishampel & Horner, 1990); en el caso de los hadrosaurios, sus restos se encuentran en las regiones occidental y oriental de Estados Unidos y Canadá y en el norte de la República Mexicana, mientras que los titanosaurios, sólo se conocían para la parte central de Estados Unidos; en consecuencia mediante el presente estudio, se muestra que la distribución geográfica de ambos grupos, se extendía hasta la porción centromeridional de México.

SUMARIO Y CONCLUSIONES.

La investigación desarrollada permitió conocer los siguientes hechos:

1. El marco geológico detallado de las Áreas Huajuapán de León- San Marcos Arteaga, Oax., sitio de la localidad portadora de la Dinosauriofauna Xochitlapilco del Jurásico Medio; Chuquiapan-Chuta, Michoacán, sitio de la localidad portadora de la Dinosauriofauna Chuta, del Jurásico Tardío; y Mitepec- Huachinanta, Pue., sitio de la localidad portadora de la Dinosauriofauna Mitepec, del Cretácico Tardío.
2. El estudio geológico detallado permitió contar con un marco de referencia independiente, que al menos para las localidades Xochitlapilco, Oax. y Mitepec, Pue. coadyuvaron a establecer la identidad taxonómica de los morfotipos presentes en ambas localidades.
3. La presencia de dinosaurienitas en las localidades estudiadas, proporciona información acerca de la edad, ambiente, paleoecología y paleobiogeografía de las comunidades dinosaurianas establecidas durante el Jurásico y Cretácico de México.
4. A partir de las icnitas, se detectó la existencia de familias de dinosaurios previamente no reportadas en México, incrementándose así el conocimiento sobre su diversidad en un 70 %.
5. Las dinosaurienitas estudiadas, establecen la continuidad física del área de distribución de dinosaurios, hasta incluir partes de México durante el Jurásico y Cretácico, lo cual eventualmente restringe la generación de modelos paleogeográficos, geológicos y tectónicos sobre la evolución de la porción sur de Norteamérica, de suerte que puedan explicar satisfactoriamente la ubicación y edad de las localidades portadoras de estas icnitas.
6. La estimación de la dimensión t_1 , hizo posible conocer algunos rasgos de la estructura de las poblaciones dinosaurianas, evidenciando la coexistencia de organismos de distintas edades y tamaños dentro de las mismas. Cabe señalar que la interpretación de los datos se tomó con cierta reserva, y no necesariamente la dimensión antes mencionada refleja de manera unívoca la edad de

un organismo, pero sí constituye una herramienta icnológica importante para esclarecer este aspecto.

7. Las asociaciones icnológicas reconocidas llegan a constituir (aunque de manera general) un elemento biogeocronológico que permite corroborar y/o establecer (por lo menos en el caso de Chuta), la edad de las unidades litoestratigráficas portadoras.

8. Las icnofaunas de las localidades estudiadas, proporcionan evidencias significativas de la actividad desarrollada por poblaciones y/o comunidades dinosaurianas en tres áreas de nuestro país.

9. Las dinosaurienofaunas reconocidas, reflejan a través del tiempo patrones de diferenciación relacionados con su evolución, paleogeografía y el paleoambiente en el cual se desarrollaron. Se observa que las icnofaunas dinosaurianas del Jurásico están constituidas por asociaciones terópodo-saurópodo (Dinosaurienofauna Xochitlapilco) y/o terópodo-ornitópodo (Dinosaurienofauna Chuta); mientras que las del Cretácico lo están por formas ornitópodos (Dinosaurienofauna Mitepec).

10. La edad, naturaleza continental y carácter autóctono de las dinosaurienofaunas estudiadas, constituyen datos objetivos que tienen que ser incorporados en los modelos de evolución paleogeográfica y tectónica del territorio mexicano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilera, J. G. 1896. Bosquejo geológico de México. Inst. Geol. De México. Bol. Núms. 4-6, 270 pp.
- Alencaster, G. 1963. Pelecípodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noreste de Guerrero. UNAM. Inst. Geol. Paleont. Mexicana. 15: 52 pp.
- Alexander, R. McN. 1976. Estimates of speeds of dinosaurs. Nature. 261: 129-130.
- Allen, P. 1975. Wealden of the Weald: A new model Proc. Geol. Assoc. London. 86: 389- 436.
- Bakker, T. R. 1993. The Dinosaur Heresies. Zebra Books. Kensington Publishing Corp. USA. 481pp.
- Bonaparte, F. J. 1984. El intercambio faunístico de vertebrados continentales entre América del Sur y del Norte a fines del Cretácico: En Ma. Del Carmen Perrillat Edit. Memoria Congreso Latinoamericano de Paleontología 3a. Oaxtepec, México. UNAM Instituto de Geología. pp. 438 - 450.
- Calvo, O. J. 1991. Huellas de dinosaurios en la Formación Río Limay (Albiano - Cenomaniano?) Pieún Leutu Provincia de Neuquén República Argentina (Ornithischia - Saurischia: Saurapoda, Theropoda) Ameghiniana. 28 (3 - 4): 241 - 258.
- Campa, U.M.F. 1985. The Mexican Thrust Belt. In: Howell, D.G., edit., Tectonostratigraphic terranes of the Circum -Pacific Region. Houston, Tex. The Circum-Pacific Council for energy and mineral Resources, pp 299- 313.
- CANÉ: Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica. 1961 (1970). Código de Nomenclatura Estratigráfica. Instituto de Geología UNAM, Soc. Geol. Mex. y Asoc. Mexicana Geol. Petrol. 28 pp.

- Carpenter, K. 1992. Behavior of hadrosaurs as interpreted from footprints in the "Mesaverde" Group (Campanian) of Colorado, Utah and Wyoming. *Contributions to Geology, Univ. of Wyoming*. 29 (2): 81-96, 1 Table, 1 appendix.
- Carroll, L. R. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman & Co. New York, USA pp. 286-314.
- Castro- Moreno, F. R. 1984. Análisis estratigráfico y evolución tectónica de la Hoja Playa Azul, Estado de Michoacán. *Soc. Geol. Mexicana, VII. Conv. Geol. Nat., Res.* 3536. pp. 35-36
- Colbert, E. H. 1945. *The Dinosaur Book: Ruling Reptiles and their relatives*. New York. American Museum of Natural History Press.
- _____. 1985. The Jurassic dinosaurs of North America. *Ameghiniana*. 22 (1-2): 117- 119.
- Colbert, E. H. & Merrills, D. 1967. Cretaceous Dinosaur footprints from Western Australia. *J. Roy. Soc. W. Australia*. 50: 21- 25.
- Cook, E. F. 1961. *Geologic Atlas of Utah, Washington County* : Utah Geol. and Miner Surv. Bull. 70, 124pp.
- Coombs, W. P. 1978. Theoretical aspects of cursorial adaptations in dinosaurs. *Quarterly Review of Biology* 53: 393 - 418.
- _____. 1980. Swimming ability of carnivorous dinosaurs . *Science* (287): 1198 - 1200.
- Currie, J. P. 1989. Dinosaur tracksites of Western Canada. pp. 293- 300; In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces*. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Currie, J. P. & Sarjeant, W. A. S. 1979. Lower Cretaceous dinosaur footprints from the Piecè River Canyon, British Columbia Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 28: 103 - 115.

- Dodson, P. 1990. Sauropod Paleocology. pp. 402- 407: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Erben, H. K. 1956. El Jurásico Medio y el Calloviano de México: México, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, Monogr., 140 pp.
- Enciso de la Vega, J. 1990. *Indice Bibliográfico mexicano de tesis profesionales en geología*. Colegio y Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México, México, D. F. 109 pp.
- Farlow, O. J. 1987. Lower Cretaceous dinosaur tracks, Paluxy River Valley, Texas. *South Central Sect. Geol. Soc. Am., Baylor Univ.* 1-50 pp.
- _____. 1993. Sauropod Tracks and trackmakers: Integrating the ichnological and skeletal records. *Zubia*. 10: 89-138.
- Farlow, O. J. ; Pittman, J. G. & Hawthorne, J. M. 1989. *Brontopodus birdii* lower Cretaceous sauropod footprints from the U. S. Gulf Coastal Plain 371- 394: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces*. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Felix, Johannes, & Lenk, Hans. 1890- 1899. Beiträge zur Geologie und Paleontologie der Republik Mexiko: *Paleontographica*. 37: 117-199.
- Ferrusquia-Villafranca, I. 1969. Rancho Gaitán local fauna, Early Chadronian, northeastern Chihuahua. *Soc. Geol. Mexicana. Bol.* 30 : 99- 138.
- _____. 1976. "Estudios Geológicos- Paleontológicos en la Región Mixteca, Parte I", *Geología del Área de Tamazulapan- Teposcolula- Yanhuatlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México*. *Bol. Inst. Geol. UNAM*. No 97. 160 pp.

- _____. 1993. Geology of Mexico-A Synopsis In: Ramamoorthy, T. P. Bye, R. A., Loet A. & fa. J. Edits. Biological Diversity of Mexico- Origins and Distribution. New York, Oxford Univ. Press chapt. 1 pp. 3-107.
- _____. 1995. (En prensa) Contribución al conocimiento de la Geología Cenozoica del Área Luollaga- Lachiviza, Estado de Oaxaca. UNAM. Instituto de Geología, Boletín.
- Ferrusquía-Villafranca, I.; Applegate, P. J. & Espinosa-Arrubarrena, L. 1978a . Las Huellas más australes de dinosaurios en Norteamérica y su significación geobiológica. Actas II Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleomología, Buenos Aires, Argentina pp. 249 - 263.
- Ferrusquía-Villafranca, I; Applegate, P. J. & Espinosa-Arrubarrena, L. 1978b. Rocas vulcanosedimentarias Mesozoicas y huellas de dinosaurios en la región suroccidental Pacífica de México. UNAM Instituto de Geología, Revista, 2(2):150 -162.
- Ferrusquía-Villafranca, I. & Comás-Rodríguez, O. 1988. Reptiles Marinos Mesozoicos en el Sureste de México y su significación Geológico- Paleontológica: *Idem*, 7(2):168-181.
- Ferrusquía-Villafranca, I.; Tilton, L. T.; Lang, R. H.; Pittman, G. J. & M. Lockley. 1993. Dinosauricnitas tardicretácicas en Puebla suroccidental y su significación Geológico- Paleontológica. IV Congreso Nacional de Paleontología, Resúmenes. pp. 33 - 34.
- Folk, L. R. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills, Texas. USA 170 pp.
- Fries, C. 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. UNAM. Inst. Geol. Bol. 60: 1- 236 .
- Galton, P. M. 1972. Classification and evolution of ornithopod dinosaurs. Nature. 239: 464-466.
- _____. 1974. The Ornithischian dinosaur *Hypsilophodon* from the Wealden of the Isle of Wight. Bull. Br. Mus. (Nat. Hist). Geol. 25: 1- 152.

- _____. 1990. Basal Sauropodomorpha- Prosauropods. pp. 320-344. In Weishampel, B. D.; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- García -Orozco, J. & Zamora- Vega, A. 1994. Caracterización Geológica y potencial minero- hidrogeológica del Municipio de Agrililla, Michoacán. IPN-ESIA. Tesis Prof. 110pp (inédita).
- GEOMEX, (1800- 1995), 10 diskettes (Base de datos con información bibliográfica geológica de México). Instituto Geología UNAM.
- Gittleman, J. L. 1985. Carnivore body size: Ecological and taxonomic correlates. *Oecologia*. 67: 540- 554.
- Goddart, E. N.; Trask, P. D.; Deford, R. K.; Rove, O. N.; Singewald, J. T. & Overbeck, R. M. 1963. *Rock Color Chart*. Geol. Soc. America.
- González- Pacheco, V.V. y Baredo, D. J. 1988. Estratigrafía y evolución paleoambiental del Cretácico de Atenango del Río, Guerrero (res.) En: Resúmenes de Trabajos Técnicos por Salas. Convención Geológica Nacional 9a. México. Soc. Geológica Mexicana: PEMEX, IMP, pp 104- 105.
- González- Partida, E.; Torres- Rodríguez, V. y González-Sánchez, F. 1987. El Cretácico vulcanosedimentario de la parte centro occidental de México: Implicaciones tectónicas y metalogenéticas (res).. Linares, N.L. México Actas- Fac. Cienc. Tierra UANL (2): 155-164.
- González- Reyna, G. 1962. Reseña geológico- minera general del Estado de Oaxaca: Cons. Rec. Natur. no Renov. . Publ. (Extraserie) 7-E. 509 pp.
- González- Torres, E. 1989. Geología y paleomagnetismo del Área, Tezoatlán, Oaxaca. Tesis profesional, Facultad de Ingeniería. UNAM. 188 pp (Inédita).

- Hernández-Rivera, R. & Espinoza-Arrubarena, L. 1990. Dinosaur localities of México. *J. Vert. Paleontol. abstracts of papers*. 10(3): 27a
- Hernández-Rivera, R. & Kirkland, J. I. 1993. The rediscovery of a rich uppermost Campanian dinosaur locality in The Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, México. *J. Vert. Paleontol. abstracts of papers* 13(3): 41a.
- Hopson, J. A. 1977. Relative brain size and behavior in archosaurian reptiles. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 429-448
- INEGI. 1987a. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Hoja Huehuetlán E14 B71, Carta Topográfica esc. 1: 50 000, México, D. F., Inst. Nal. Estad. Geogr. e Inform.
- _____. 1987b. *Idem*. Hoja Temalac E14 B81, Carta Topográfica esc. 1: 50 000; *Idem*.
- _____. 1987c. *Idem*. Hoja Tezoatlán de Segura y Luna E14 D24, Carta topográfica esc. 1: 50 000; *Idem*.
- _____. 1987d. *Idem*. Hoja Huajuapán de León E14 D14, Carta Topográfica 1: 50 000; *Idem*.
- Janensch, W. 1926. Dinosaur-reste aus Mexico. *Cbl. Mineral Geol. Paleontol.* pp. 192 - 197
- Jansma, E. P.; Lang, R. H. y Johnson, A.C. 1991. Preliminary investigation of the Tertiary Balsas Group, Mesa Los Caballos Area Northern Guerrero State, Mexico, using Landsat thematic mapper data. *The Mountain Geologist*. 28 (2-3) : 137- 150.
- Johnson, A.C.; Lang, R. H; Calrat- Cano, E. ; Harrison, G. A. y Barros, A. J. 1991. Preliminary assessment of stratigraphy structure, San Lucas Region, Michoacan and Guerrero States, SW Mexico. *The Mountain Geologist*. 28 (2-3): 121- 135.
- Kuban, J. G. 1989. Elongate dinosaur track.. p 57- 72. In: Gillette & Lockley (eds.) *Dinosaur tracks and traces*. Cambridge University Press. USA 454 pp.
- Lambert, D. 1983. *A field guide to dinosaurs*. Avon books, N.Y. USA. 256 pp.

- Langston, W. Jr. & Oakes, H. M. 1954. Hadrosaurs in Baja California (abs.). *Geol. Soc. Amer. Bull.* 65 (12) Pt. 2: 1344.
- _____. 1960. A hadrosaurian ichnite. *Natural History papers. Natural Museum Canada.* (4): 1-9.
- Leonardi, G. 1979. Nota preliminar sobre seis pistas de Dinossauros Ornithischia do Basia do Rio do Paxe, em Soussa, Paraíba, Brasil. *An. Acad. Brasil Cienc.* 51 (3): 501- 516.
- _____. 1981. As localidades com rastros fósseis de tetrapodes na America Latina. *An. II Congr. Latinoam. Paleontol.* 929-940 pp.
- _____. 1989. Inventory and Statistics of the South American dinosaurian ichnofauna and its paleobiological interpretation. pp. 165-178: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces.* New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Lim S. K. ; Yang, Y. S. & Lockley, M. G. 1989. Large Dinosaur footprints Assemblages from the Cretaceous Jindong Formation of Korea. pp. 333- 336: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces.* New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Llompart, C. Casanovas, M. L. & Santafe, J. H. 1984. Un nuevo yacimiento de icnitas de dinosaurios en las facies garummiensis de la Conca de Tremp (Lleida, España). *Acta Geol. Hispánica.* 19: 143- 147 .
- Lockley, M. G.. 1985. Enviroments of deposition land trace fossils of Cretaceous sandstone of the Western interior In: *Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Guidebook*, 2nd. Mid-year. MTS, Golden, Colorado, Section 3: 1- 142.
- _____. 1993. *Seguindo las huellas de los dinosaurios.* Mc Graw Hill, México. 207 pp.
- Lockley, M.G.; Young, B. H. & Carpenter, K. 1983. Hadrosaur locomotion and herding behavior: evidence from footprints in the Mesaverde Formation, Grand Mesa Coal Field, Colorado. *The mountain geologist.* 20 (1): 5- 14.

- Lockley, M.G & Prince, N. K. 1988. The Purgatoire Valley Dinosaur Tracksite Region. Geological Society of America Field Guide for Centennial Meeting, Denver, Colorado. School of Mines Professional Contribution 12 : 275- 287.
- Lockley, M.G & Pittman, G. J. 1989. The Megatracksite Phenomenon : Implications for Paleocology, Evolution and Stratigraphy. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 9 : 30a.
- Lockley, M.G & Conrad, K. 1989. The paleoenvironmental context and preservation of dinosaur tracksites in the Western USA. pp.121- 134: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces*. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Lockley, M.G & Gillette, D. D. 1989. Dinosaur tracks and traces: An overview. pp. 3- 10: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces*. New York Cambridge Univ. Press. 454 pp.
- López- Ramos, E. 1974. Carta Geológica del Estado de Oaxaca. 2a. edc., esc. 1 : 500 000 : Univ. Nal. Auton. México, Inst. Geología, Ser. Cartas Geol. Estatales. (Publicación de circulación restringida, en copia heliográfica).
- _____. 1979a. Carta Geológica de Puebla y Tlaxcala, 2a edc., esc. 1 : 500 000 : *Idem*.
- _____. 1979b. Carta Geológica de Guerrero. 2a edc., esc 1 : 500 000 : *Idem*.
- Lucas, G. S. & González- León, C.1990. Reporte preliminar sobre dinosaurios del Cretácico Tardío de la Cuenca Caballona. *Bol. Dpto. Geol. Uni. Son.7 (1-2): 1-6.*
- _____. 1993. Fossil vertebrates from the Upper Cretaceous Caballona Group, North- eastern Sonora, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology, Abstracts of papers*. 13 (3): 47A.
- Lull, R. J.. 1953. Triassic life of the Connecticut Valley, State Connecticut. *Geol. Nat. Hist. Surv. Bull. 81: 1- 331.*

- Lull, R. J. & Wright, N. E. 1942. Hadrosaurian dinosaurs of North America. Geological Society of America. Spec. Pub. 40.
- Marsh, O. C. 1885. Names of extinct reptiles. *Am. J. Sci. (ser.3)* 29: 169.
- Martínez-Medrano, M.; Barceló-Duarte, J.; & Hernández-Reyes, G. 1992. Ambientes y facies sedimentarias de la secuencia cretácica en la porción central de la Cuenca Morelos-Guerrero: Soc. Geol. Mexicana, 11a Conv. Geol. Nal., Veracruz, Ver., Libro Resum. p. 111
- McDonald, D. (edit.). 1984. *Encyclopedia of Mammals*. Facts and File Inc. New York . USA. 895 pp
- McIntosh, J.J. 1990. Sauropoda. pp. 345-401: In Weishampel, B. D.; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Miller, E. W.; Brooks, B.B. & Stadtman, L. K. 1982. Trydaetyl Trackways from the Moenave Formation of Southwestern Utah. pp. 209-215: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. *Dinosaur tracks and traces*. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Molnar, R. E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja Calif. (Mexico). *J. Paleontol.* 48: 1009- 1017.
- _____. 1991. Fossil reptiles in Australia. In: Vickers- Rich, Monaghan, Baird, & Rich. Edits. *Vertebrate Paleontology of Australasia*. Pioneer Design Studio, 605-702 .
- Molnar, R. E.; Kurzanov, S.M. & Dong, Z. Carnosauria pp. 169-209: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press. 733 pp.
- Morán-Zenteno, D. J.; Urrutín-Fucugauchi; Böhmel, H. & González-Torres, E. 1988 Palcomagnetismo de rocas jurásicas del Norte de Oaxaca y sus implicaciones tectónicas *Geof. Int.* 27 (4):485-518.

- Morán-Zenteno, D. J. ; Caballero-Miranda, C.I.; Silva-Romo, G; Ortega-Guerrero, B & González-Torres, E. 1993. Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca Terrane, southern Mexico. *Geol. Int.* 32(3):453-473.
- Moratalla, J. J. 1988. Multivariate analysis on Lower Cretaceous dinosaur footprints. Discrimination between ornithopods and theropods. *Geobios*. No 21 Fasc. 4 : 395- 408.
- _____. 1994. Dinosaur tracks from the Lower Cretaceous of Regumiel de la Sierra (Province of Burgos, Spain): inferences of a new cuadrupedal trackway. *Ichnos*. (3): 89- 97.
- Moratalla, J. J.; Sanz, J.L. y Jiménez, J. 1988. Nueva evidencia icnológica de dinosaurios en el Cretácico Inferior de La Rioja (España). *Estudios Geol.* (44): 119- 131.
- Moratalla, J. J.; Sanz, J.L. & Lockley, M. J. 1992. A cuadrupedal ornithopod trackway from the Lower Cretaceous of La Rioja (Spain): inferences on gait and hand structure. *Jour. Vert. Paleontol.* 12 (2): 150- 157.
- Morris, W. J. 1967. Baja California Late Cretaceous dinosaurs. *Science*. 155. (3769): 1539- 1541.
- _____. 1972. A giant hadrosaurian dinosaur from Baja California. *J. Paleontol.* 46: 777- 779.
- _____. 1973. A review of Pacific Coast hadrosaurs. *J. Paleontol.* 47: 551-561.
- Murray, G.E.; Boyd, D. R.; Wolleben, J.A. & Wilson, J. A. 1960. Late Cretaceous fossil locality, Eastern Parras Basin, Coahuila, Mexico. *J. Paleontol.* 34 : 368- 373.
- NACSN. North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. 1983. North American Stratigraphic Code: American Assoc. Petrol. Geol. Bull. 67 (5) : 841- 875. 11 figs, 2 pls.
- Norman, B. D. 1990. Problematic Theropoda: "Coelurosaur". pp. 280- 305: In Weishampel, B.D.; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- _____. 1992. *Enciclopedia Ilustrada de los Dinosaurios*. Susaeta ediciones. Italia. 208 pp.

- Norman, B. D. & Weishampel, B. D. 1990. Iguanodontidae and related ornithomids. pp. 510- 533:
In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. The Dinosauria. Berkeley. Univ.
California Press, 733 pp.
- Ortega- Guerrero, B. 1989. Paleomagnetismo y geología de las Unidades Clásticas Mesozoicas del
Área Totoltepec- Ixcaquixtla, Estados de Puebla y Oaxaca. Univ. Nal. Auton.
México, Fac. Ciencias, Tesis de Maestría, 122pp. (inédita).
- Ortega- Gutiérrez, F.; Mitre Salazar, M.L.; Roldán- Quintana, J.; Aranda- Gómez, J.J.; Morán-
Zenteno, B.; Alaniz- Álvarez, J. A. y Nieto- Samaniego, A. F. 1992 (1993). Carta
Geológica de la República Mexicana, esc 1: 2 000 000, 5a ed. y texto explicativo:
Univ. Nal. Auton. México, Inst. Geología y Secret. Minas Indust. Paraestatal Cons.
Rec. Minerales. 74 pp.
- Osborn, H. F. 1912. Integument of the iguanodont dinosaur trachodon. American Museum Natural
History Mem. 1 : 3- 54.
- Owen, R. 1841. A description of a portion of the skeleton of *Cetiosaurus*, a gigantic extinct saurian
occurring in the Oolitic Formation of different parts of England. Proc. Geol. Soc. London 3:
457- 462.
- Pérez- Ibarquingoitia, J.M.; Hokuto- Castillo, A. y De Cserna, Z. 1965. Estratigrafía y
paleontología del Jurásico Superior de la Parte Centro Meridional del Estado de Puebla.
UNAM. Inst. Geol. Paleont. Mexicana. 21: 5- 22.
- Peabody, F. E. 1948. Reptile and amphibian trackways from the Lower Triassic Moenkopi
Formation of Arizona and Utah. Bull. Dept. Geol. Sci. Berkeley & Los Angeles Univ. of
California Press., 27 (8): 295- 468.
- Person, C. P. & Delevoryas, T. 1982. The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. Paleontographica,
Bd. 180, Abt. B, pp 82- 119. 10 Lám.

- Pittman, J. G.. 1992. Stratigraphy and vertebrate ichnology of the Glen Rose Formation Western Gulf Basin USA. Univ. of Texas at Austin PhD. Dissertation 707 pp. (Ined).
- Pittman, J.G. & Gillette, D.D. 1989. The Briar Site : a new sauropod dinosaur tracksite in Lower Cretaceous beds of Arkansas, USA. pp. 313- 332: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. Dinosaur tracks and traces. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- Quezada- Muñetón, J. M. 1984. El Grupo Zacatera del Jurásico Medio- Cretácico inferior de la Depresión Istotica, 20 km al norte de Matías Romero, Oaxaca. Soc. Geol. Mexicana, VII Conv. Geol. Nal., Mem., pp. 40- 59.
- Raht, M. A. 1972. Fossil vertebrate studies in Rhodesia: a new diinosaur (Reptilia: Saurischia) from the Triassic- Jurassic boundary. *Arnoldia*. 5: 1-37.
- Romer, A. J. 1956. Osteology of the reptiles. Univ. Chicago Press. Chicago. USA. 772 pp.
- _____. 1966. Vertebrate Paleontology. Univ. Chicago Press. Chicago USA 168 pp.
- Ross, M. Y. & Scotesse, C. R. 1988. A hierarchial tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean Region. *Tectonophysics* 158:139-168.
- Rowe, T. & Gauthier, A. J. 1990. Ceratosauria. pp. 151- 168: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. *The Dinosauria*. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Russell, D. A. Bélland, P. & McInosh, S. 1980. Paleocology of the dinosaurs of Tendaguru (Tanzania). *Mém. Soc. Géol. France*. 139: 169-175.
- Salas, G. P. 1949. Basquejo Geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca *Bof. Asoc. Mex. Geol. Petrol.* 1(2):79-156..
- Salvador, A. y Quezada- Muñetón, M. J. 1991. Stratigraphic correlation chart. In: Salvador, A. Edit. *The Geology of North America, The Gulf of Mexico Basin*: Boulder, Colo. USA. Plate 5.

- Sarjeant, W.A.S. 1975. Fossil tracks and impressions of vertebrates. In: Frey, R. W. Edit. Study of trace fossils, Berlin, Springer. 283- 324 pp.
- Sedlock, R.L.; Ortega-Gutiérrez, F. & Speed, R. C. 1993. Tectono- stratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. Geol. Soc. America, Spec. Paper. 278: 153 pp.
- Seyfert, R. C. & Sirkin A.,L. 1973. Earth History and Plate tectonics: an introduction to historical geology. Harper & Row, New York, USA.
- Shouan, Z.; Jianjun, L.; Chenggang, R.; Niall, J. M. & Lockley, G. M. 1989. A review of dinosaur footprints in China. pp. 187- 197: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. Dinosaur tracks and traces. New York Cambridge Univ. Press 45-1 pp.
- Silva-Pineda, A. 1984. Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la Región de el Consuelo, Oaxaca. Paleontología Mexicana, 49: 103 pp.
- Sinclair, A. R. E. & Norton-Griffiths, M. 1979. Serengeti: Dynamics of an ecosystem. Univ. Chicago Press, Chicago. 389 pp.
- Smith, A.G.; Hurley, A.M. & Briden, J.C. 1981. Phanerozoic paleocontinental world maps. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 102 pp.
- Smith, A.G.; Smith, G.D. & Funnell, M.B. 1994. Atlas of Mesozoic and Cenozoic Coast lines. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 99 pp.
- Streckeisen, A. 1965. Die Klassifikation der Eruptivgesteine: Geol. Rundschau. 55: 478- 491.
- Sues, D.-H. & Norman, B. D. 1990. Hypsilophodontidae, *Tenontosaurus*, and Dryosauridae. pp. 498- 509: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. The Dinosauria. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Taliaferro, N.L. 1933. An occurrence of Upper Cretaceous sediments in Northern Sonora, Mexico Jour. of Geology. 41: 12- 37.

- Thulborn, R. A. 1989. The gaits of dinosaurs. pp. 39-50: In Gillette, D.D. & Lockley, M. G. Edits. Dinosaur tracks and traces. New York Cambridge Univ. Press 454 pp.
- _____. 1990. Dinosaur tracks. Chapman and Hall. USA. 409 pp.
- Thulborn, R. A. & Wade, M. 1984. Dinosaur trackways in the Winton Formation (Mid-Cretaceous) of Queensland. Mem. Qd. Mus. 21 (2): 413- 517.
- Tilton, T.L.; Lang, R. H; Ferrusquia-Villafranca, Y.; Pittman, J. G. & Lockley, M. 1993. Dinosaur footprints in the Mexcala Formation, Central Mixteco Terrane, State of Puebla, Mexico. p.153: En Ortega- Gutierrez, F.; Coney, J.P.; Centeno- Garcia, E. y Gómez- Caballero, A. Edits. First Circum- Pacific and Circum- Atlantic Terrane Conference. Proceedings, UNAM. Inst. Geología, México. 178 pp.
- Vega, J.F. & Feldman, M.R. 1992. Occurrence of *Costacopluma* (Decapoda: Brachyura: Retroplumidae) in the Maastrichtian of Southern Mexico and its paleobiogeographic implications. Annals of Carnegie Museum. 61(2): 133- 152.
- Vézina, A. F. 1985. Empirical relationships between predator and prey size among terrestrial vertebrate predators. Oecologia. 67: 555-565.
- Weishampel, B. D. 1990. Dinosaurian Distribution. pp.81-86: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. The Dinosauria. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Weishampel, B. D. & Witmer, M. L.. 1990. Heterodontosauridae. pp. 486- 497: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. The Dinosauria. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.
- Weishampel, B.D. & Horner, R.J. 1990. Hadrosauridae. pp. 534- 561: In Weishampel, B. D. ; Dodson, P. & Osmolska, H. Edits. The Dinosauria. Berkeley, Univ. California Press, 733 pp.

Wieland, G.R. 1912. La flora fósil de la Mixteca Alta. Bol. Soc. Geol. Mexicana 8 (1):8.

(Resúmen).

Wilson, J.A. & Clabaugh, J.E. 1970. A new Miocene Formation and description of volcanic rocks in Northern Valley of Oaxaca, State of Oaxaca. Soc. Geol. Mexicana. Libro- guía de la excursión México- Oaxaca. 120- 128.

ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Proporciones Morfométricas para estimar la dimensión h en los distintos grupos de dinosaurios (*sensu* Thulborn, 1990).

GRUPO		h / l
Terópodo pequeño	(l < 25 cm)	h = 4.5 l
Terópodo grande	(l > 25 cm)	h = 4.9 l
Ornitópodo pequeño	(l < 25 cm)	h = 4.8 l
Formas graviportales *	(l > 25 cm)	h = 5.9 l

*Saurópodos y Ornitópodos grandes.

Tabla 2. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a y h estimada perteneciente a las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ ; que constituyen el Morfotipo A de la localidad Xochistlapilco, Oaxaca.

EMI	ICN	l (mm)	a (mm)	OR	l/a	h (m)
ω	1	-	107	S 55° E	-	-
ω	2	-	121	S 60° E	-	-
ω	3	-	142	S 40° W	-	-
ω	4	-	115	S 55° E	-	-
ω	5	-	126	S 45° W	-	-
ω	6	-	120	S 43° W	-	-
ω	12	-	120	N 71° W-S 71° E	-	-
ω	13	-	110	S 32° W	-	-
ω	22	-	113	N 71° E	-	-
ω	23	-	115	N 50° E	-	-
ω	24	-	130	N 55° E	-	-
ω	25	-	143	N 40° E	-	-
ψ	9	153 e	124	N 82° W	1.23	0.68
ψ	10	155 e	117	N 77° W	1.32	0.69
χ	16	172 e	133 e	S 60° E	1.29	0.77
χ	29	186 e	129 e	S 8° W	1.44	0.83
ϕ	15	174 e	133 e	N 75° W	1.30	0.78
ϕ	31	175 e	126	N 86° W	1.38	0.78

e : valor estimado.

Tabla 3. Medidas realizadas sobre los rastros X, Y, Z (Figura 6) de la Expresión Mórfica ω , del Morfotipo A reconocido en la Localidad Xochitlapilco, Oaxaca.

ICN	1-2	2-4	3-5	5-6	22-23	23-24	24-25
lp	57	90	86	40	45	55	37
(ICN)	1-2-4	3-5-6	22-24	23-25	-	-	-
lz	145	130	98	88	-	-	-
(ICN)	1-2-4	3-5-6	22-23-24	23-24-25	-	-	-
θ	165°	175°	154°	148°	-	-	-

Nota: El rastro X, corresponde a las icnitas 1, 2, 4; El rastro Y, a las icnitas 3, 5, 6; El rastro Z, a las icnitas 22, 23, 24, 25. Las medidas están dadas en cm.

Tabla 4. Medidas de los parámetros icnológicos métricos pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales ψ , ϕ ; que caracterizan al Morfotipo A de la Localidad Xochitlapilco, Oaxaca.

EM	ICN	l	ldbII	ldbIII	ldbIV	ldtII	ldtIV	a	adbII	adbIII	adbIV	α	β
ψ	9	153	42	54	46	123	129	124	61	44	51	28°	18°
ψ	10	155	45	59	-	132	-	117	45	53	-	-	26°
ϕ	15	174	60	43	56	175	178	133	51	30	61	8°	18°
ϕ	31	175	43	52	52	169	158	126	54	40	50	19°	10°

Nota: Las medidas están dadas en mm.

Tabla 5. Relación de índices morfométricos de las Expresiones Mórficas podiales ψ , ϕ ; que caracterizan al Morfotipo A de la Localidad Xochitlapilco Oaxaca.

EM	ICN	l/a	ldbII/adbII	ldbIII/adbIII	ldbIV/adbIV
ψ	9	1.23	0.68	1.22	0.90
ψ	10	1.32	1.00	1.11	-
ϕ	15	1.30	1.17	1.43	0.91
ϕ	31	1.38	0.79	1.30	1.04

Tabla 6. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a ; y h estimada pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales υ , τ , σ ; y Expresión Mórfica manual ρ , de las huellas que constituyen el Morfotipo B de la Localidad Xochitlapilco, Oaxaca.

EM	ICN	l (mm)	a (mm)	OR	l/a	h (m)
υ	17	160	90	N 59° W- S59° E	1.77	0.9
υ	18	129	98	S 48° E	1.31	0.7
υ	19	182	146	S 19° W	1.24	1.0
υ	21	180	143	N 76° W	1.25	1.0
υ	30	172	138	N 78° W	1.24	1.0
τ	7	166	133	S 49° E	1.24	0.9
τ	8	221	106	S 85° E	2.08	1.3
τ	11	176	112	S 60° E	1.57	1.0
σ	20	189	145	N 40° W	1.30	1.1
σ	26	197	153	S 50° E	0.77	0.9
σ	27	160	187	S 52° E	0.85	0.9
ρ	28	91	123	S 52° W- N 52° E	0.73	0.5

Tabla 7. Medidas de los parámetros icnológicos métricos para cada uno de los morfotipos reconocidos en la Localidad Chuta, Michoacán. (Modificada y corregida de Ferrusquia-Villafranca *et al.*, 1978a).

ICN	MFT	l	ldbII	ldbIII	ldbIV	ldtII	ldtIV	a	ahbIII	apa	apb	apc	adbII	adbIII	adbIV	α	β
IGM-5386	A (ω)	213	56	76	47	153	162	175	175	167	111	78	48	60	50	37°	33.5°
IGM-5385	A (ω)	163	35	71	46	118	137	133	132	122	68	65	33	47	33	29°	31.5°
IGM-5387	A (ω)	157	39	—	—	115	95	110	97	—	—	53	48	22	—	27°	25.5°
IGM-5388	A (ψ)	239	94	116	62	183	161	210	204	203	163	85	74	62	80	21.5°	34°
IGM-5389	A (ψ)	165	45	73	42	125	123	121	121	120	115	53	49	40	48	21.5°	29.5°
IGM-5390	A (χ)	178	—	51	39	—	134	133	—	—	—	—	—	61	60	27.5°	22°
IGM-5391	A (χ)	139	51	52	39	109	123	109	107	107	93	53	42	37	31	30°	23°
IGM-5392	A (χ)	127	32	57	42	85	93	95	92	94	83	44	38	35	43	26°	25°
IGM-5396	B	305	90	102	35	235	217	269	160	269	264	160	138	115	138	36°	24°
IGM-5394	C	290	89	105	100	232	246	286	269	283	240	115	104	60	115	29°	30°
IGM-5395	C	151	41	72	60	114	130	146	144	140	122	93	58	38	60	32°	35°
IGM-5397	D	165	53	78	69	127	158	128	128	125	111	80	46	45	42	21.5°	17.5°
IGM-5393	E	30.9	18.1	13.9	14.1	21.5	21.3	23.3	22.2	23.3	21.8	22.4	9	7.8	5.4	17°	36°

Nota: ω , ψ , χ corresponden a las Expresiones Mórficas podiales del Morfotipo A. Las medidas están dadas en mm.

Tabla 8. Relación de índices morfométricos y dimensión h de los morfotipos reconocidos en la localidad Chuta, Michoacán.

ICN	MFT	L/A	LDIII/ADIII	LDIII/ADIII	LDIII/ADBIV	h (m)
IGM-5386	A	1.21	1.16	1.20	0.94	0.9
IGM-5385	A	1.22	1.00	1.51	1.39	0.7
IGM-5387	A	1.42	0.81	-----	-----	0.7
IGM-5388	A	1.13	1.27	1.87	0.77	1.0
IGM-5389	A	1.36	0.97	1.82	0.87	0.7
IGM-5390	A	1.33	-----	0.83	0.65	0.8
IGM-5391	A	1.27	1.21	1.40	1.25	0.6
IGM-5392	A	1.33	0.84	1.62	0.97	0.6
IGM-5396	B	1.13	0.65	0.88	0.25	1.5
IGM-5394	C	1.01	0.86	1.75	0.85	1.7
IGM-5395	C	1.03	1.00	1.89	0.70	0.9
IGM-5397	D	1.28	1.64	1.73	1.15	0.8
IGM-5393	E	1.32	0.81	2.25	2.61	0.2

Tabla 9. Medidas de los parámetros icnológicos métricos pertenecientes a las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ , υ : que constituyen el Morfotipo A de la localidad Mitepec, Puebla

ICN	EM	I	IdbII	IdbIII	IdbIV	IdtII	IdtIV	a	ahbIII	apa	apb	apc	adbII	adbIII	adbIV	α	β	OR
1	ϕ	222	44	81	71	176	182	189	172	188	184	145	65	65	77	21	24	S 40° E
2	ϕ	236	56	103	66	174	208	222	217	220	218	151	64	99	75	17	35	N franco
3	χ	253	32	112	98	173	214	247	235	243	221	77	76	84	90	39	28	N 30° E
4	ω	222	60	82	44	183	212	266	264	248	261	111	99	120	53	44	24	N 30° E
5	ψ	219	73	101	33	161	161	228	227	207	186	--	88	90	71	48	33	N 15° W
6	ϕ	248	42	82	--	180	196	200	183	198	200	127	69	79	64	30	22	N 60° E
7	χ	177	11	56	50	101	179	162	159	159	136	--	40	82	47	35	20	N 15° W
8	ϕ	216	52	43	74	190	238	187	158	186	173	--	55	62	60	21	14	S 48° E
9	ω	273	84	118	139	234	257	347	343	328	308	--	91	119	138	33	43	N 22° E
10	χ	224	46	84	88	200	186	233	220	226	210	--	64	93	74	24	26	E franco
11	ψ	165	15	67	36	116	121	154	134	154	150	--	48	62	58	30	30	N 83° E
12	ϕ	204	54	55	--	132	--	188	143	192	--	--	90	67	--	37	--	N 85° E
13	ϕ	298	56	97	85	250	275	286	270	273	273	100	94	107	96	23	30	N 77° E
14	ϕ	265	28	79	80	193	215	238	234	246	248	52	75	116	87	30	21	S 7° E
15	χ	207	41	76	60	173	167	214	214	200	198	--	57	84	80	36	37	N 83° E
16	χ	233	41	90	70	188	204	221	214	220	216	--	65	88	85	32	20	N 60° E
17	ω	269	77	118	50	223	260	293	275	292	290	--	93	95	129	33	36	S 20° E
18	υ	212	61	90	100	199	212	245	243	242	215	122	64	82	80	30	50	S 24° E
19	χ	265	96	82	33	179	214	253	226	220	166	113	74	93	84	36	18	N 12° W

Tabla 9. (continuación).

ICN	EM	I	ldbII	ldbIII	ldbIV	ldtII	ldtIV	a	abbIII	apa	apb	apc	adbII	adbIII	adbIV	α	β	OR
20	χ	242	48?	118	85	205	186	230	228	217	218	--	80	84	73	39	24	S 25° W
21	ω	222?	77?	--	102	233?	220	268	264	242	228	176	91	78	152	32	32	S 26° W
22	υ	219?	54	76?	44	144	190	245	234	217	230	95	105	70	62	48	28	S 22° E
23	ϕ	279	59	82	70	242	246	271	261	254	269	149	87	112	105	32	29	S 70° E
24	υ	285	47	95	67	256	200	29 ^a	293	249	292	190	80	113	112	40	30	S 21° E
25	υ	--	66?	--	101	180	228	240	232	180	196	95	80	86	54	35	30	S 21° E
26	ω	240	45	63	35	197	223	247	243	222	213	--	10 ^a	107	86	24	30	N 25° E
27	ϕ	257	35	104	56	151	155	254	--	235	181	--	90	118	95	41	50	S 33° W
28	ϕ	115	--	--	--	--	--	85	--	--	--	--	--	25	--	--	--	S 10° E
29	ω	190	46	62	54	161	187	211	212	--	209	--	92	62	72	34	25	N 8° E
30	υ	--	--	95	--	--	--	--	215	--	--	--	--	90	--	--	--	S 45° W
31	ω	192	45	80	41	151	162	212	205	120	210	71	70	82	70	38	35	N 35° E
32	χ	126	--	--	--	--	--	115	--	--	--	--	--	--	--	--	--	S 20° E
33	ψ	212	--	68	--	--	157	216	150	211	--	--	--	120	--	--	--	N 27° W
34	ω	140	52	36	26	129	143	153	151	145	151	--	60	70	32	35	22	S 12° E
35	χ	121	31	61	22	84	193	122	120	111	120	--	35	50	40	45	44	N 78° E
36	ψ	141	23	56	31	93	189	124	--	94	79	--	61	44	63	33	31	N 75° W

Nota: Las medidas están dadas en mm.

Tabla 10. Relación de índices morfométricos y h estimada para las Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ , υ ; morfotipo A reconocido en la Localidad Mitepec, Puebla

ICN	EM	l/a	$ldbII/adbII$	$ldbIII/adbIII$	$ldbIV/adbIV$	h (m)
1	ϕ	1.17	0.67	1.24	0.92	1.3
2	ϕ	1.06	0.87	1.04	0.88	1.4
3	χ	1.02	0.42	1.33	1.08	1.5
4	ω	0.83	0.60	0.68	0.83	1.3
5	ψ	0.96	0.82	1.12	0.46	1.3
6	ϕ	1.24	0.61	1.03	--	1.7
7	χ	1.09	0.27	0.68	1.06	1.1
8	ϕ	1.15	0.94	0.69	1.23	1.3
9	ω	0.79	0.92	0.99	1.00	1.6
10	χ	0.96	0.72	0.90	1.19	1.3
11	ψ	1.07	0.31	1.08	0.62	0.9
12	ϕ	1.08	0.60	0.82	--	1.2
13	ϕ	1.04	0.60	0.90	0.88	1.7
14	ϕ	1.11	0.37	0.65	0.91	1.5
15	χ	0.96	0.72	0.90	0.75	1.2
16	χ	1.05	0.63	1.02	0.82	1.4
17	ω	0.91	0.83	1.24	0.38	1.6
18	ω	0.86	0.95	1.09	1.25	1.2
19	χ	1.04	1.29	0.88	0.31	1.5
20	χ	1.05	0.60	1.40	1.16	1.4
21	ω	0.82	0.84	--	1.00	1.3
22	υ	0.89	0.51	1.00	0.84	1.3
23	ϕ	1.02	0.67	0.80	0.66	1.6
24	υ	0.95	0.59	0.84	0.62	1.7
25	υ	--	0.82	--	1.87	--
26	ω	0.97	0.41	0.58	0.40	1.4
27	ϕ	1.01	0.38	0.88	0.58	1.5
28	ϕ	1.35	--	--	--	0.7
29	ω	0.90	0.50	1.00	0.75	1.1
30	υ	--	--	1.05	--	--
31	ω	0.90	0.64	0.97	0.58	1.1
32	χ	1.04	--	--	--	0.7
33	ψ	0.98	--	0.56	--	1.2
34	ω	0.30	0.86	0.51	0.81	--
35	χ	0.99	0.88	1.22	0.55	0.8
36	ψ	1.13	0.37	1.27	0.44	0.7

Tabla 11. Medidas de los parámetros icnológicos métricos, índice morfométrico l/a y h estimada para el Morfotipo B de la Localidad Mitepec, Puebla.

ICN	l (mm)	a (mm)	OR	l/a	h (m)
37	245	260	E franco	0.87	0.8
38	160	236	E franco	0.67	---

Nota: 37, impresión padial derecha; 38, impresión manual derecha.

Tabla 12. Registro de la biodiversidad de dinosaurios en México.

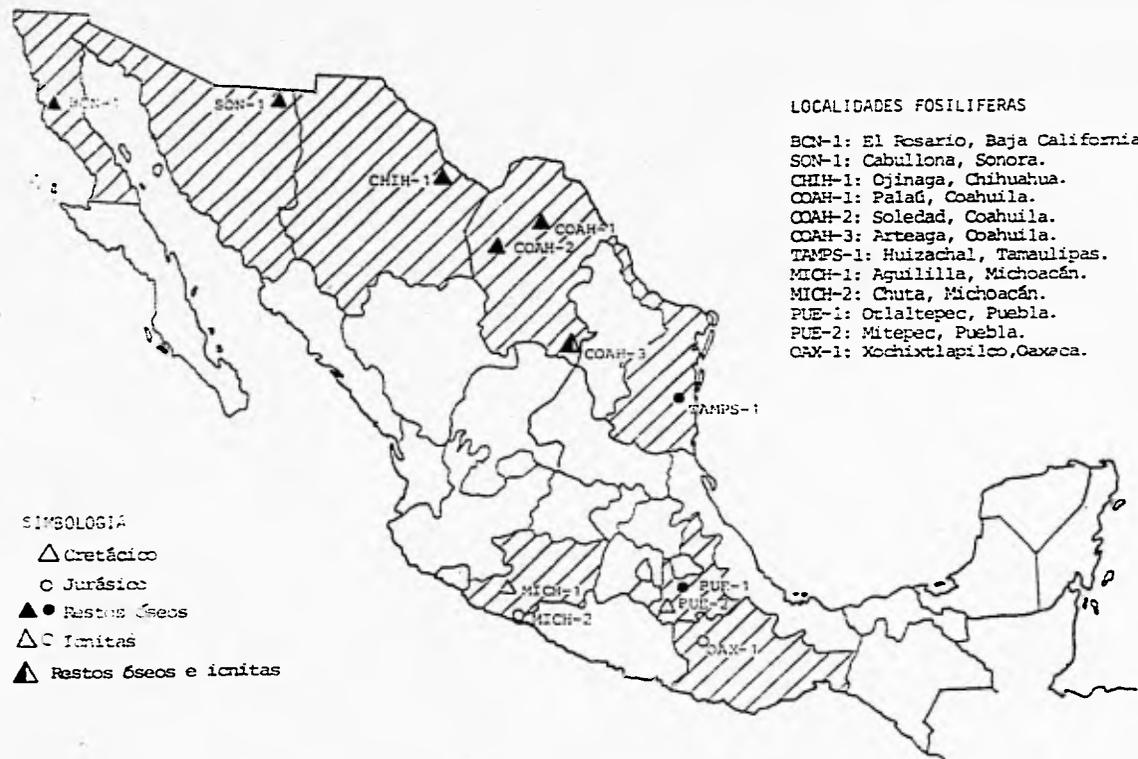
O = Restos Óseos I = Icnitas

Formación y Edad Taxa	Baja California Norte Fm El Gallo Campaniano	Baja California Norte. Fm La Bocana Roja ? Campaniano	Sonora Fm Snake Ridge ? Maastrichtiano	Coahuila Fm. Cerro del Pueblo Campaniano	Coahuila Estrato Soledad Maastrichtiano Tardío	Puebla Ojaltepec ?Jurásico	Puebla Mitepec Campaniano- Maastrichtiano	Michoacan Chuta Jurásico Tardío	Oaxaca Nochiutlapilco Bajociano Temp. Bathoniano Temp.
SAUROPODA cf. Titanosauridae Fam. No Descrita Fam. indet						O	**1		**1
THEROPODA Coeluridae Tyrannosauridae * Allo y/o Cerato. Ornithomimidae Troodontidae Dromaeosauridae Fam indet	O O O O	 O	O	O O O				**1 **1	**1
CERATOPSIA Ceratopsidae	O		O		O				
ANKYLOSAURIA Nodosauridae	O								
ORNITHOPODA Hadrosauridae Camptosauridae Hypsilophodontidae	O		O	O	O		**1	**1 **1	

** Representan nuevos reportes para México.

* Allo= Allosauridae; Cerato= Ceratosauridae.

FIGURAS



LOCALIDADES FOSILIFERAS

- BCN-1: El Rosario, Baja California Norte.
- SON-1: Cabullona, Sonora.
- CHIH-1: Ojinaga, Chihuahua.
- COAH-1: Palaá, Coahuila.
- COAH-2: Soledad, Coahuila.
- COAH-3: Arteaga, Coahuila.
- TAMP-1: Huizachal, Tamaulipas.
- MICH-1: Aguililla, Michoacán.
- MICH-2: Chuta, Michoacán.
- PUE-1: Orlattepec, Puebla.
- PUE-2: Mitepec, Puebla.
- OAX-1: Xochitlapilco, Oaxaca.

SIMBOLOGIA

- △ Cretácico
- Jurásico
- ▲● Restos óseos
- △○ Ichnitas
- ▲ Restos óseos e ichnitas

Figura 1

LOC. GEOGRAFICA _____	EDAD GEOL. _____
FM. o GRUPO _____	CLAVE _____
PODIAL MANUAL INDEF., PRESERVACION: M B E, JUVENIL ADULTO.	
PROFUNDIDAD _____	ANGULO DIVERGENCIA _____ ORIENT.GEDGRAFICA _____
TIPO DE HUELLA _____	PROGRESION _____
FORMA DE HUELLA _____	REGION PLANTAR _____
ANCHURA BASE DEDOS _____	FORMA ESC. PLANTAR _____
FORMA APICE DIGITOS _____	TALON _____
FORMA ESC. INTERDIG. _____	LONG. MAX. _____ (mm). ANCH. MAX. _____ (mm)

Figura 2. Formato icnológico utilizado.

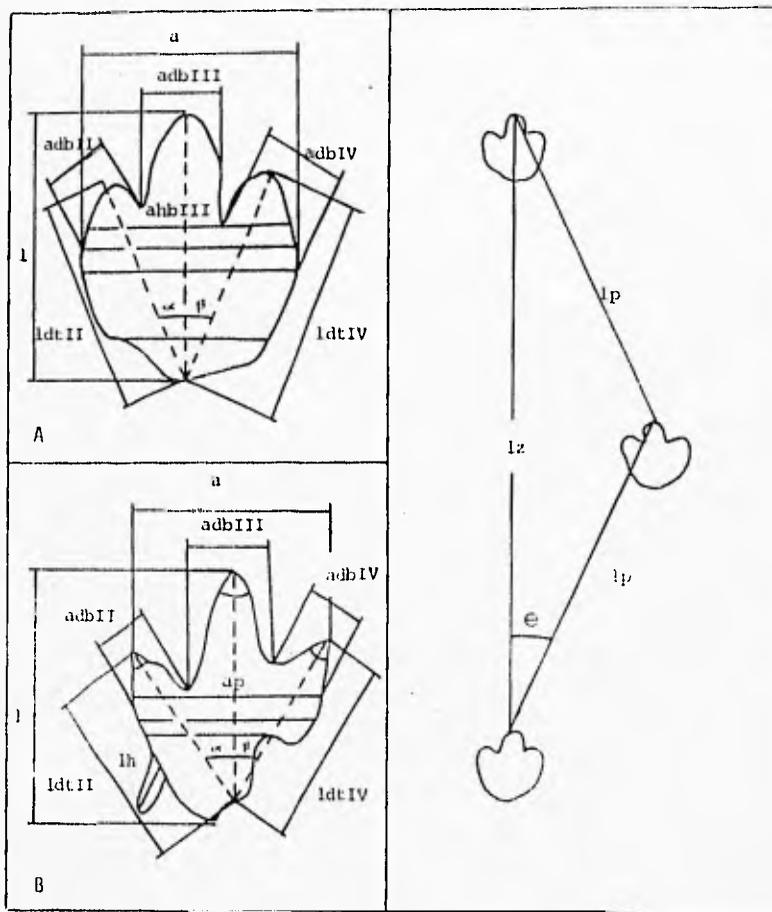


Figura 3. Diagrama que ilustra las mediciones realizadas sobre huellas y rastros. A) impresión de un organismo ornitópodo; B) impresión de un organismo terópodo. l: longitud; a: anchura; ldt: longitud dactilar total (para cada uno de los dígitos); adb: anchura dactilar basal (para cada uno de los dígitos); ahbIII: anchura de la huella en la base del dígito III; ap: anchura plantar; lh: longitud del hallux (solo en terópodos); α : ángulo interdigital entre los dígitos II-III; β : ángulo interdigital entre los dígitos III-IV. Para los rastros, lz: longitud de la zancada, lp: longitud de paso y θ ángulo de paso.

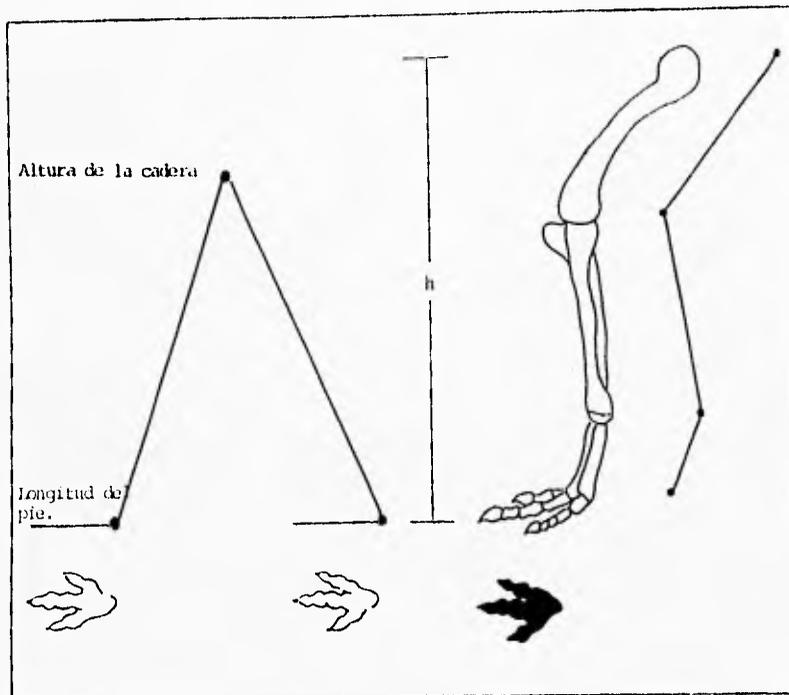
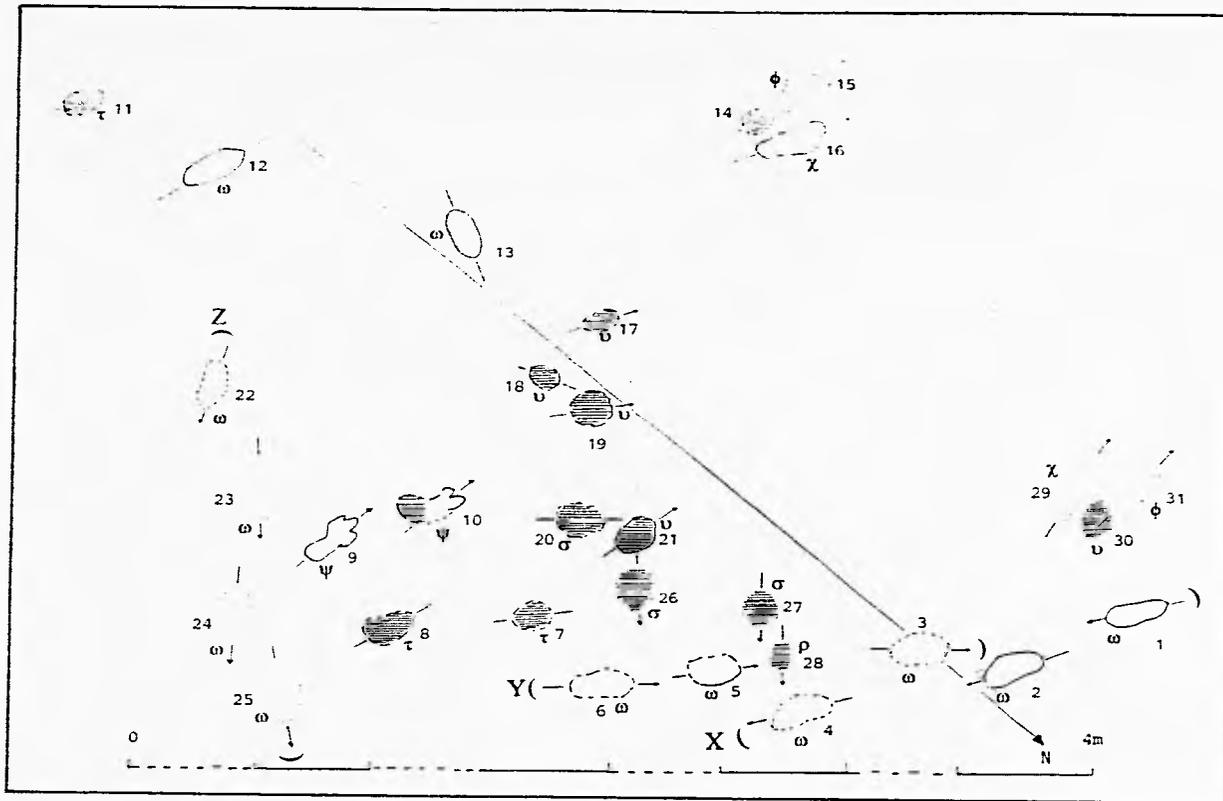


Figura 4. Representación con restos esqueléticos de la dimensión "h" (altura de la cadera al suelo).



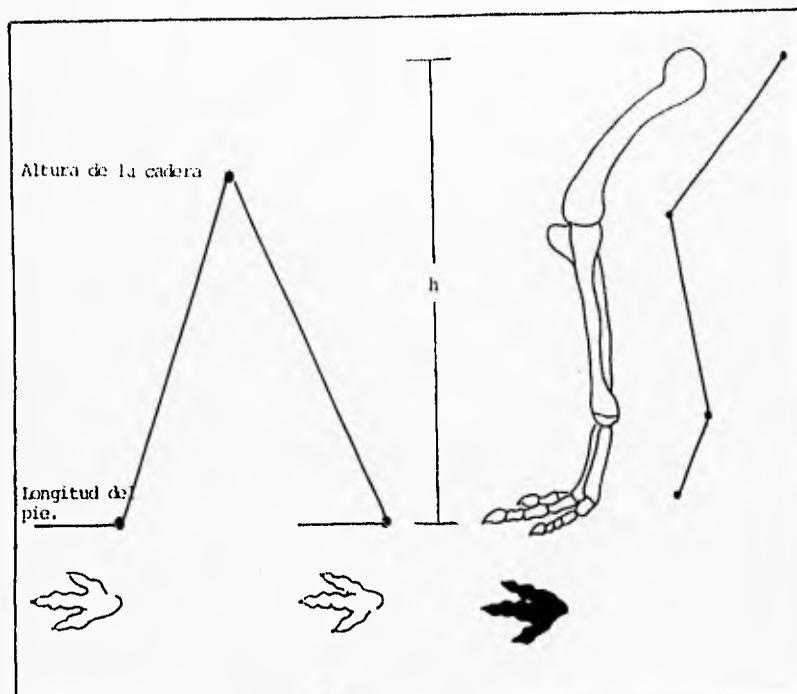


Figura 4. Representación con restos esqueléticos de la dimensión "h" (altura de la cadera al suelo).

**Figura 5. Columna litoestratigráfica generalizada del Area Huajuapán
de León - San Marcos Arteaga.**

Figura 6. Esquema que muestra la distribución de las icnitas en el afloramiento de la localidad Xochixtlapilco, Oaxaca.

Simbología



Huellas de terópodos.



Huellas de saurópodos.

Grado de preservación.



Buena



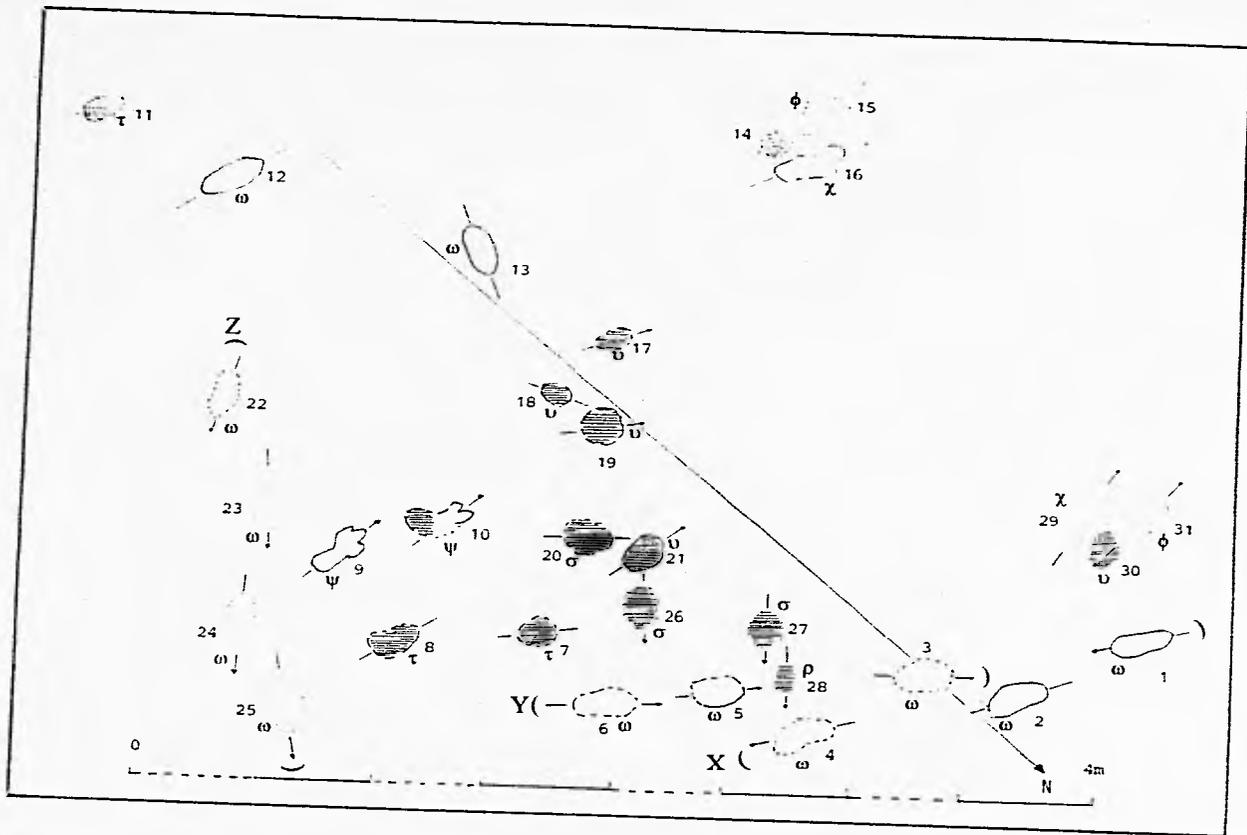
Moderado



Mala

p - ω, Expresiones Mórficas

X, Y ó Z ; (), Rastros.



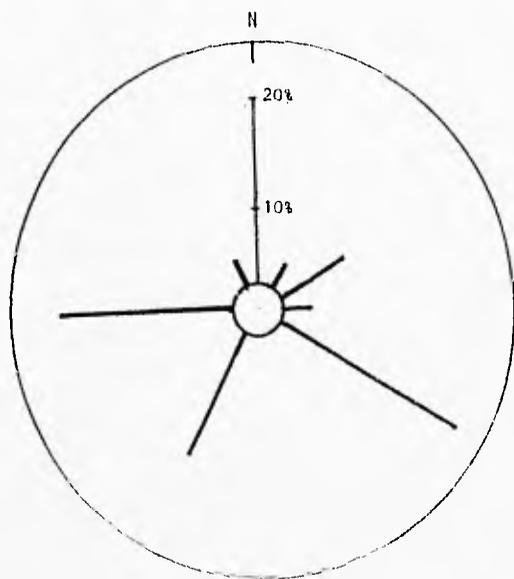


Figura 7 . Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la localidad Xochitlapilco, Oaxaca, con respecto al norte actual (n=31).

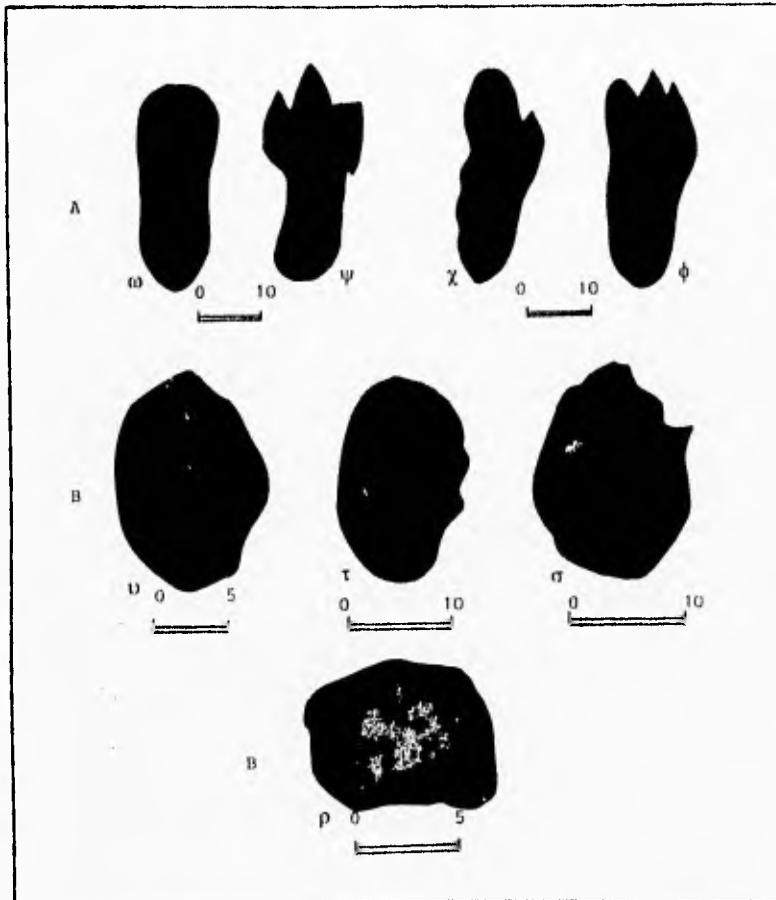


Figura 8. Dinosaurienofauna Xochitlapilco, Jurásico Medio (Bajociano Temprano-Batoniano Temprano) de Oaxaca, México. Esquemas de los Morfotipos descritos. El Morfotipo A incluye 4 Expresiones Mórficas podiales ω , ψ , χ , ϕ , referibles a impresiones terópodos; el Morfotipo B incluye 3 Expresiones Mórficas podiales, υ , τ (imagen virtual), σ ; y una Expresión Mórfica manual, ρ , referibles a impresiones saurópodos. La escala gráfica esta expresada en centímetros.

Figura 9. Esquema que muestra la distribución de icnitas en el afloramiento de la localidad Chuta, Michoacán.

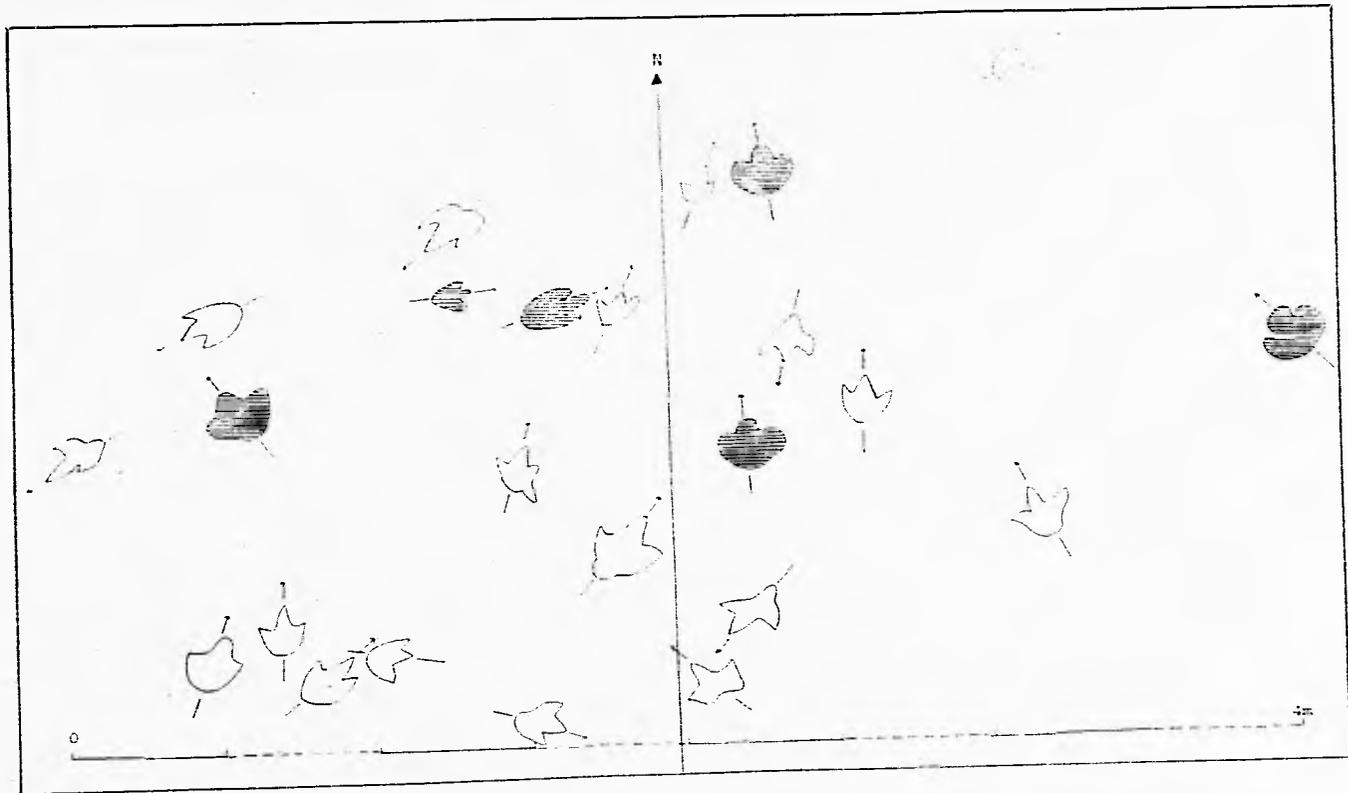
Simbología



Huellas de terópodos



Huellas de ornitópodos.



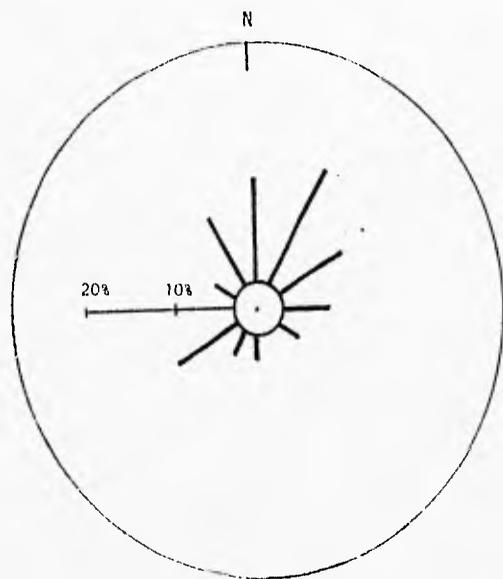


Figura 10. Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la localidad Chuta, Mithoacán, con respecto al norte actual (n=24).

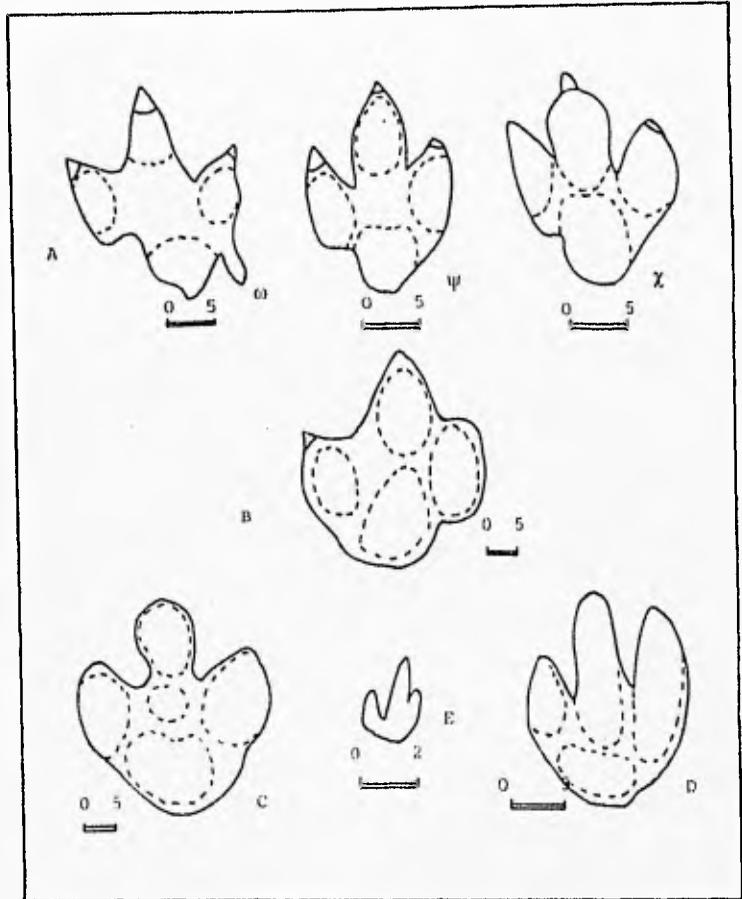


Figura 11. Dinosaurienofauna Chuta, Jurásico Tardío (Kimmeridgiano- Tithoniano) de Michoacán, México. Esquemas de los Morfotipos descritos. El Morfotipo A, que incluye 3 Expresiones Mórnicas podiales ω , ψ , χ , y B, corresponden a impresiones terópodos; mientras que los Morfotipos C-E corresponden a impresiones ornitópodos. La escala gráfica esta expresada en centímetros.

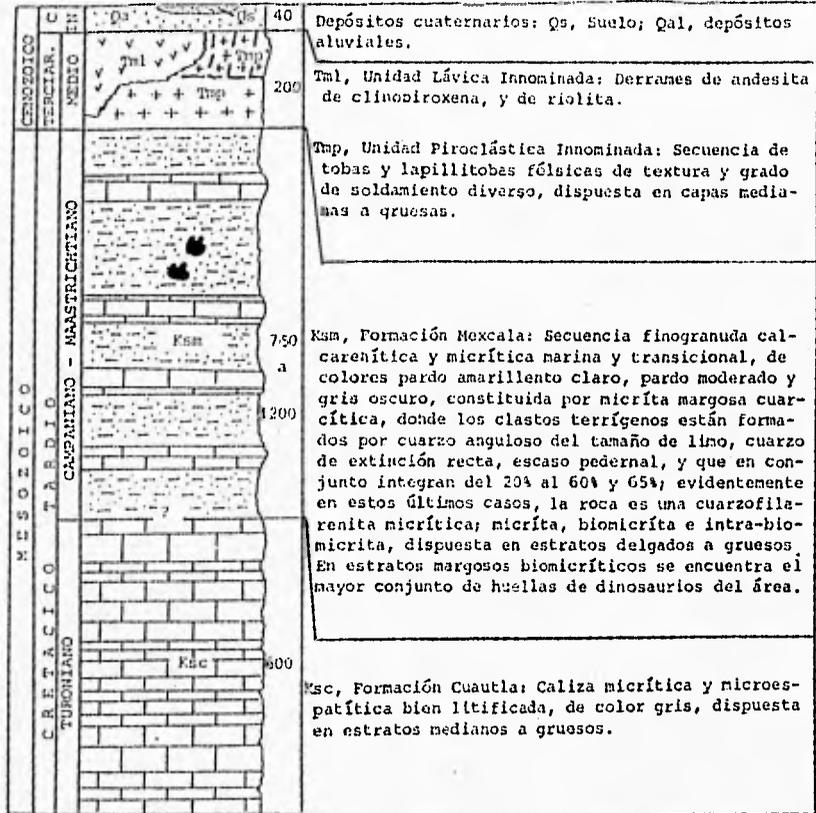
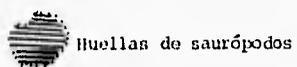
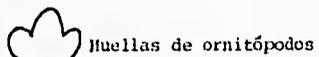


Figura 12. Columna litoestratigráfica generalizada del área Mitepec-Huachinantla, Puebla Suroccidental.

Figura 13. Esquema que muestra la distribución de las icnitas en el afloramiento de la localidad Mitepec, Puebla suroccidental.

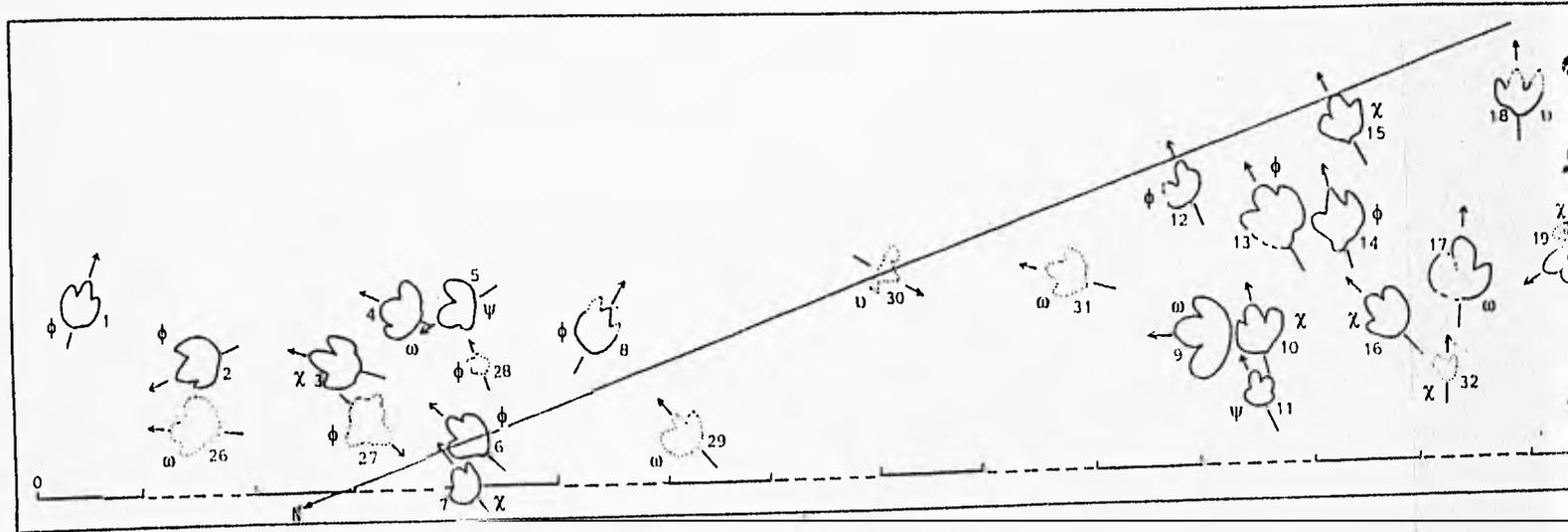
Simbología

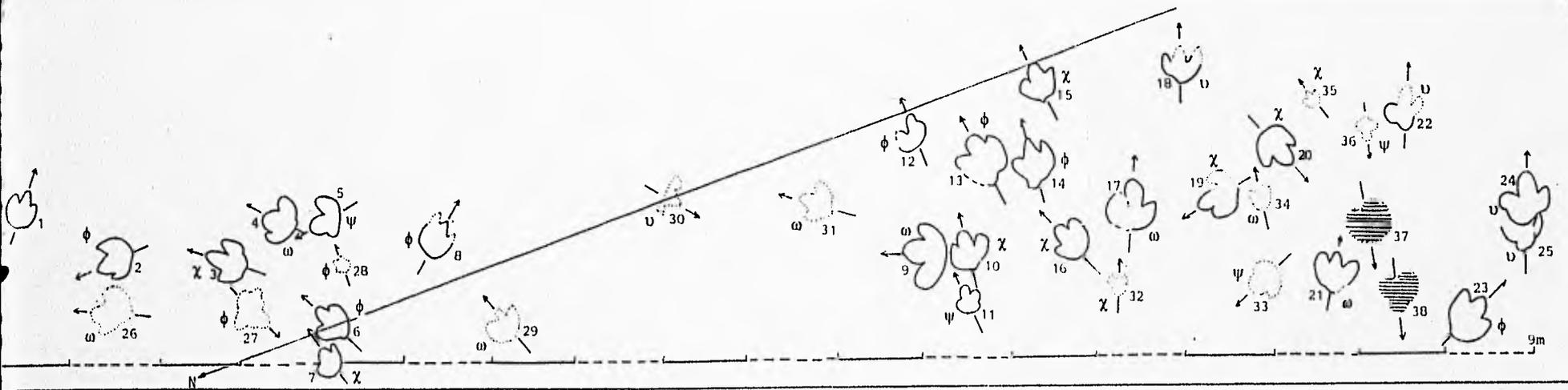


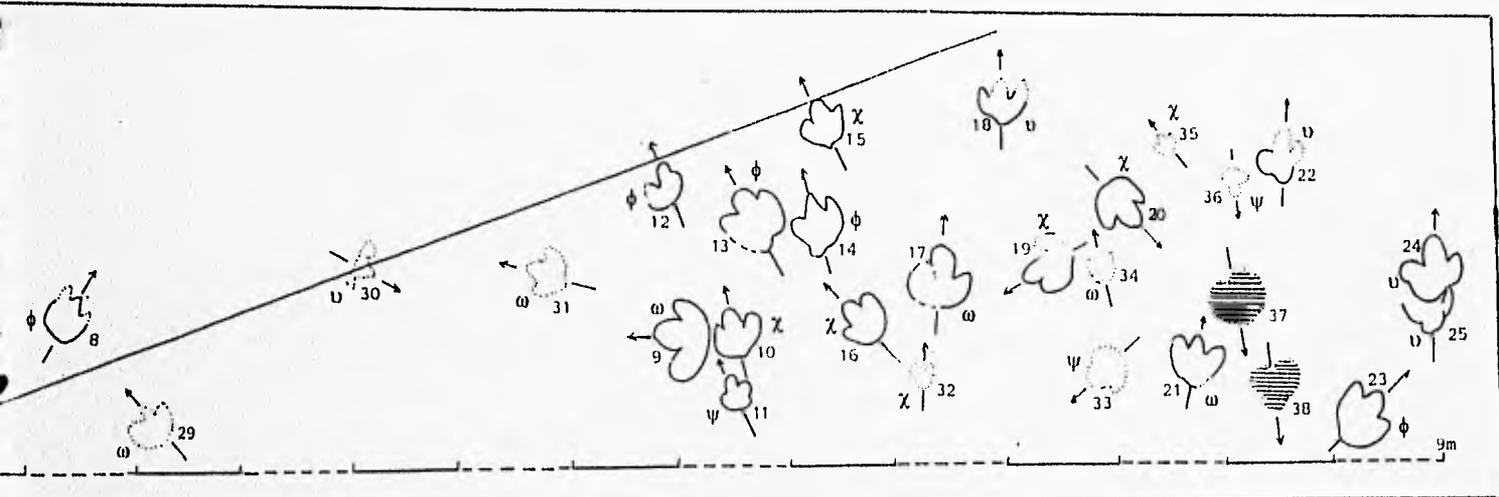
Grado de preservación



U- ω , Expresiones Mórficas.







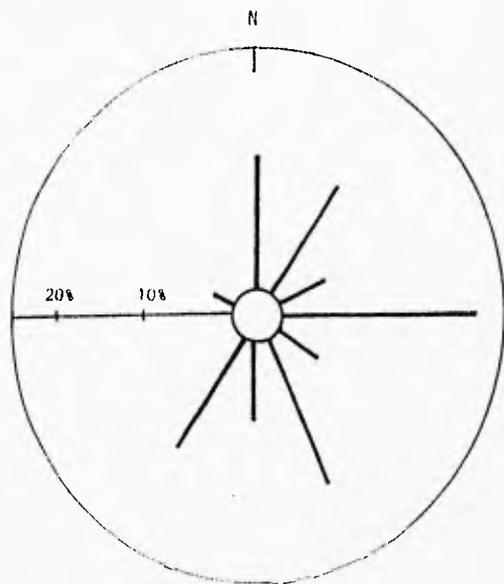


Figura 14. Diagrama que muestra la orientación de las icnitas de la localidad Mitepec, Puebla Suroccidental, con respecto al norte actual (n=38).

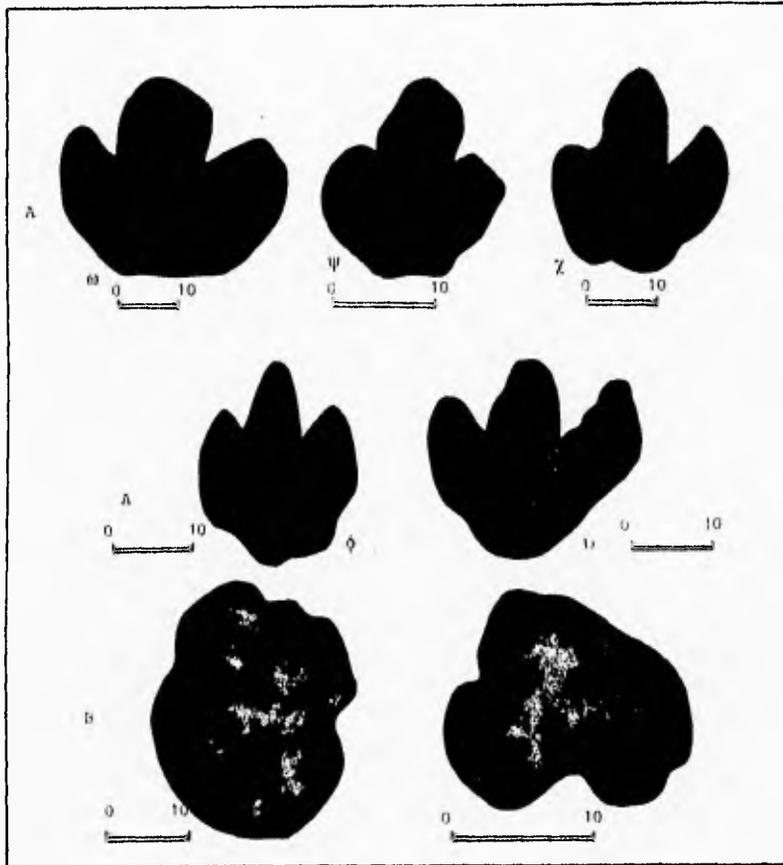


Figura 15. Dinosauriofauna Mitepec, Cretácico Tardío (Campaniano- Maastrichtiano) de Puebla, México. Esquemas de los Morfotipos descritos. El Morfotipo A incluye 5 Expresiones Mórficas podiales, α , ψ , ζ , ϕ , θ , que representan impresiones de hadrosaurios; mientras que el Morfotipo B, representa impresiones de saurópodos; la figura de la izquierda corresponde a una impresión podial, y la derecha a una manual. La escala gráfica esta expresada en centímetros.

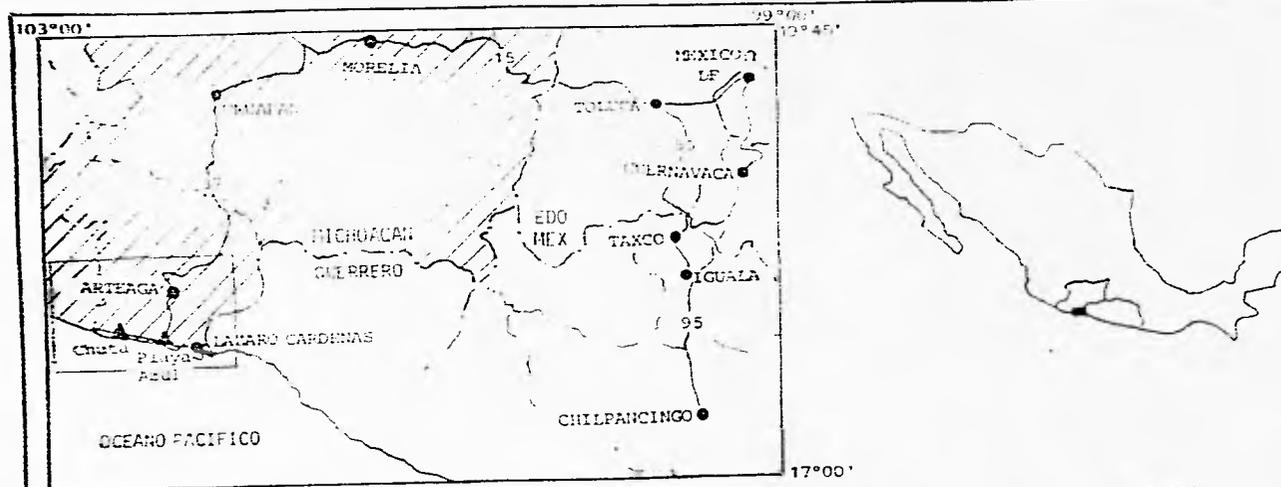
Lámina I. Figura A. Mapa índice de la Región Centromeridional de México. El recuadro corresponde al mapa de la Figura B.

Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Noroccidental de Oaxaca, el recuadro corresponde al Área Huajuapán de León- San Marcos Arteaga, donde se encuentran las icuitas y que se muestra en la Lámina II [modificado de López-Ramos, 1979 y Ortega *et al.*, 1992 (1993)].

Lámina II. Mapa geológico del Área Huajuapán de León- San Marcos Arteaga, Municipio de
Huajuapán de León, Oaxaca (Preparado por Ferrusquía- Villafranca I. Para este
trabajo).

Lámina III. Figura A. Mapa índice de la Región Suroccidental de México. El recuadro corresponde al mapa de la Figura B.

Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Lázaro Cárdenas- Arteaga, Michoacán, el recuadro corresponde al Área Chuquiapan - Chuta, donde se encuentran las huellas y que se muestra en la Lámina IV. [Modificado de López-Ramos, 1979 y Ortega *et al.*, 1992 (1993)].



LEYENDA

Simbolos topográficos

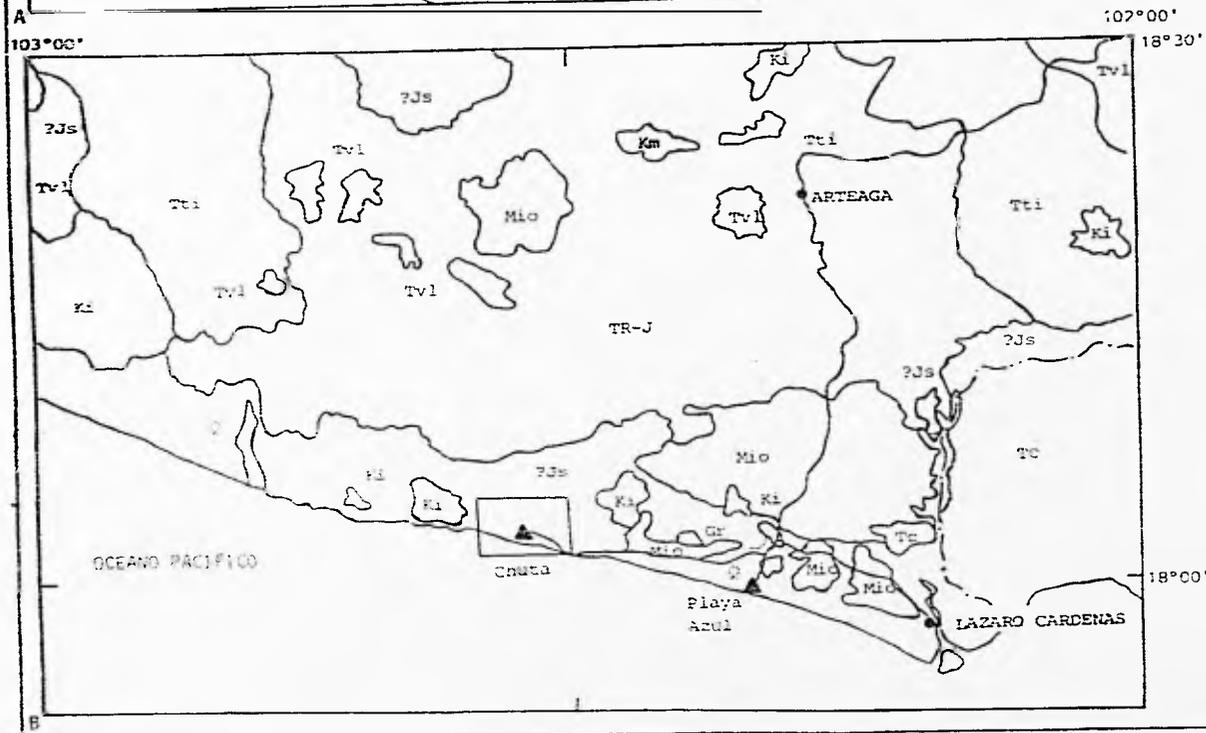
--- Límite estatal

45 Carretera federal

● Ciudad

▲ Poblado

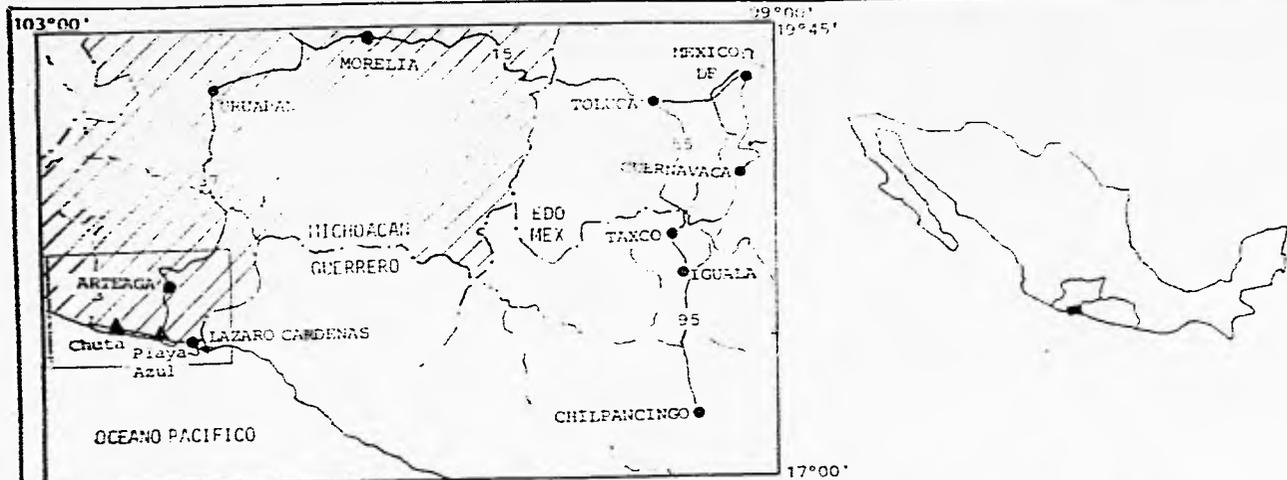
Ríos y arroyos



CENOZOICO	Cuaternario	Q	Quaternario
		Tvl	Terciario volcánico lávico.
	Terciario	Mio	Mioceno.
		Gr	Granito.
MESOZOICO	Terciario continental.	Tc	Terciario Temprano intrusivo.
		Km	Cretácico Medio.
Cretácico	Temp.	Ki	Cretácico Inferior.
		PJs	Jurásico Superior.
	Jurás.	TR-J	Triásico - Jurásico Metamórfico.
	Triás. Jurás.		

Escala gráfica





LEYENDA

Simbolos topográficos

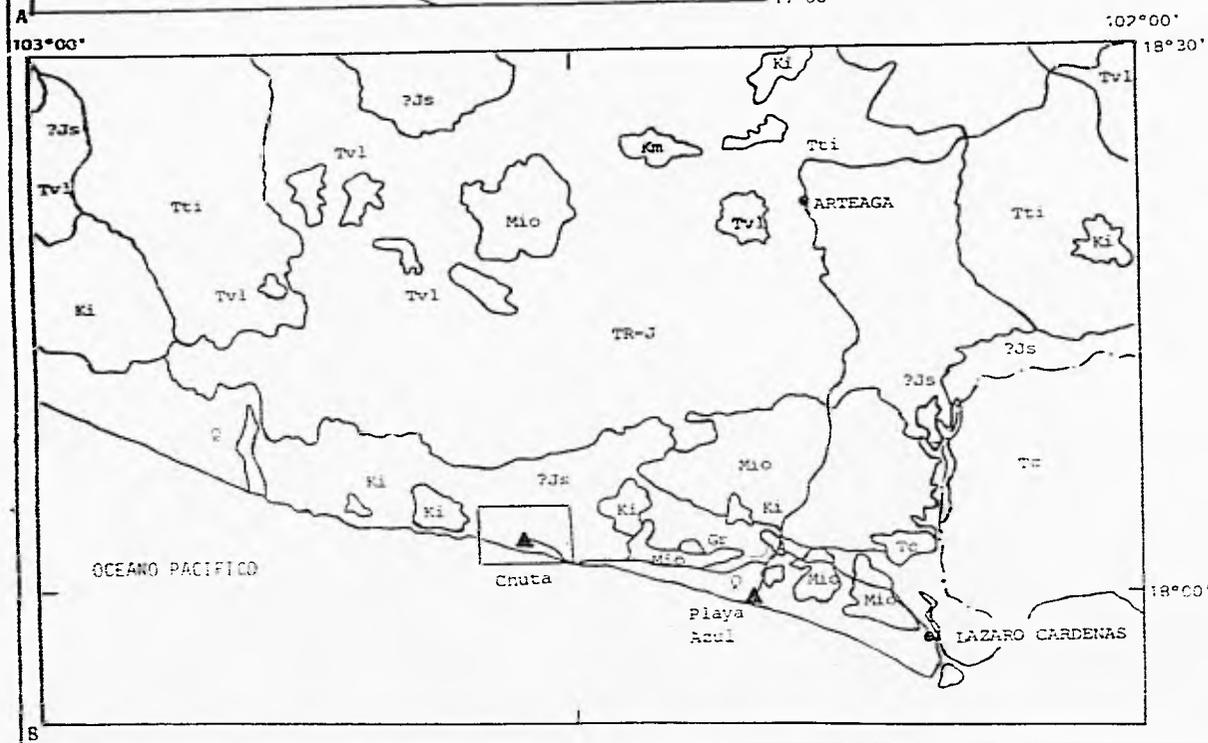
--- Límite estatal

95 Carretera federal

● Ciudad

▲ Poblado

Ríos y arroyos



MESOZOICO	CENOZOICO	Terciario		Cuat.	Q	Cuaternario
		Pre-Mioc. Mioc.	Post-Mioc.	Mio		
Jurás.	Med.	Gr	Tc	Mio	Mio	Mioceno.
Triás. Jurás.	Temp.	Km	Tr	Gr	Gr	Granito.
		Ki	Tr	Tc	Tc	Terciario continental.
		PJs	Km	Tr	Tr	Terciario Temprano intrusivo.
		TP-J	Ki	Km	Km	Cretácico Medio.
			PJs	Ki	Ki	Cretácico Inferior.
			TP-J	PJs	PJs	Jurásico Superior.
				TP-J	TP-J	Triásico - Jurásico Metamórfico.

Escala gráfica

0 150 km

A

0 50 km

B

Lámina IV. Mapa geológico del Área Chuquiapat - Chuta, Municipio de Lázaro Cárdenas,
Michoacán (modificado de Ferrusquía- Villafranca, 1978).

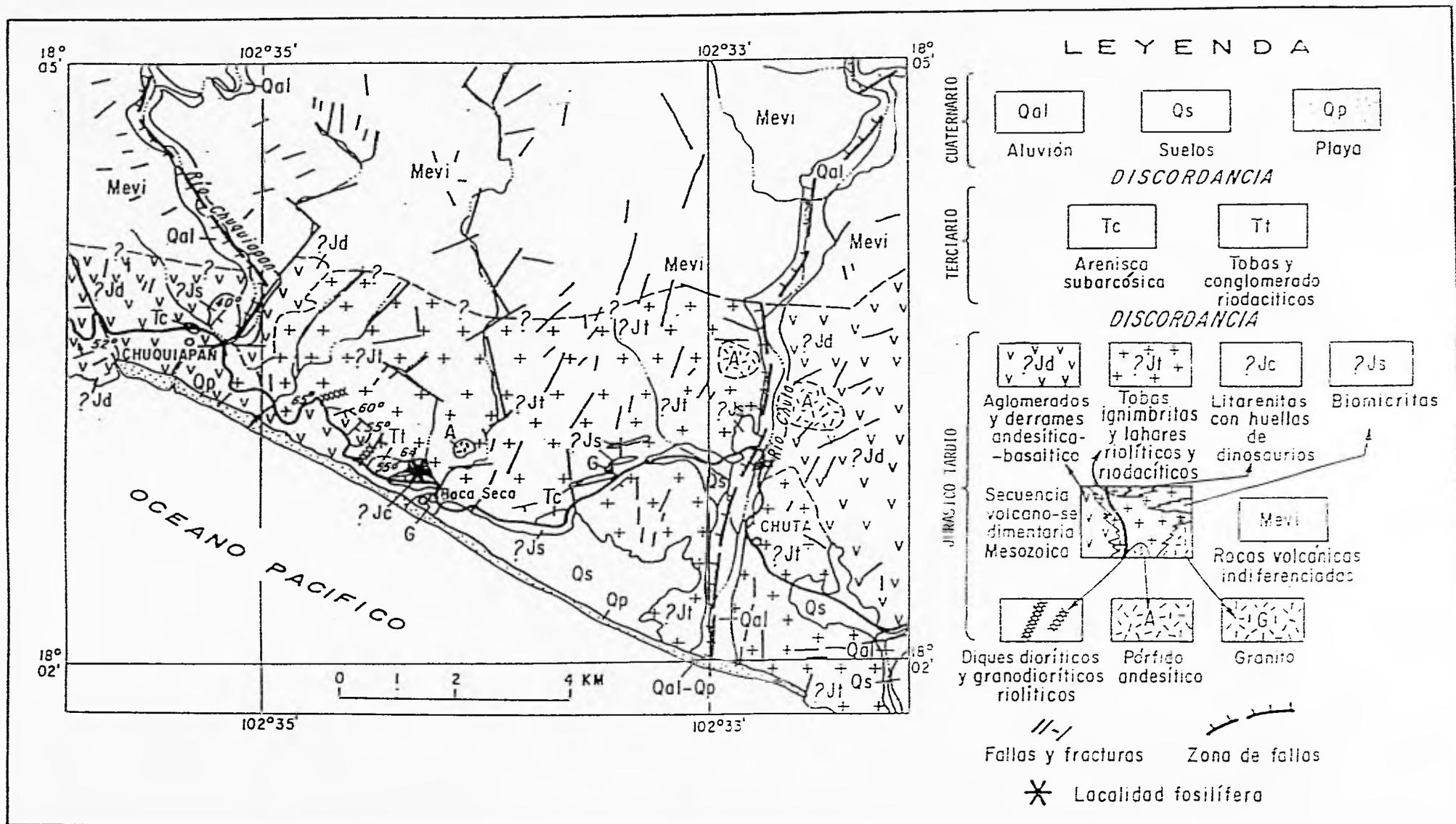
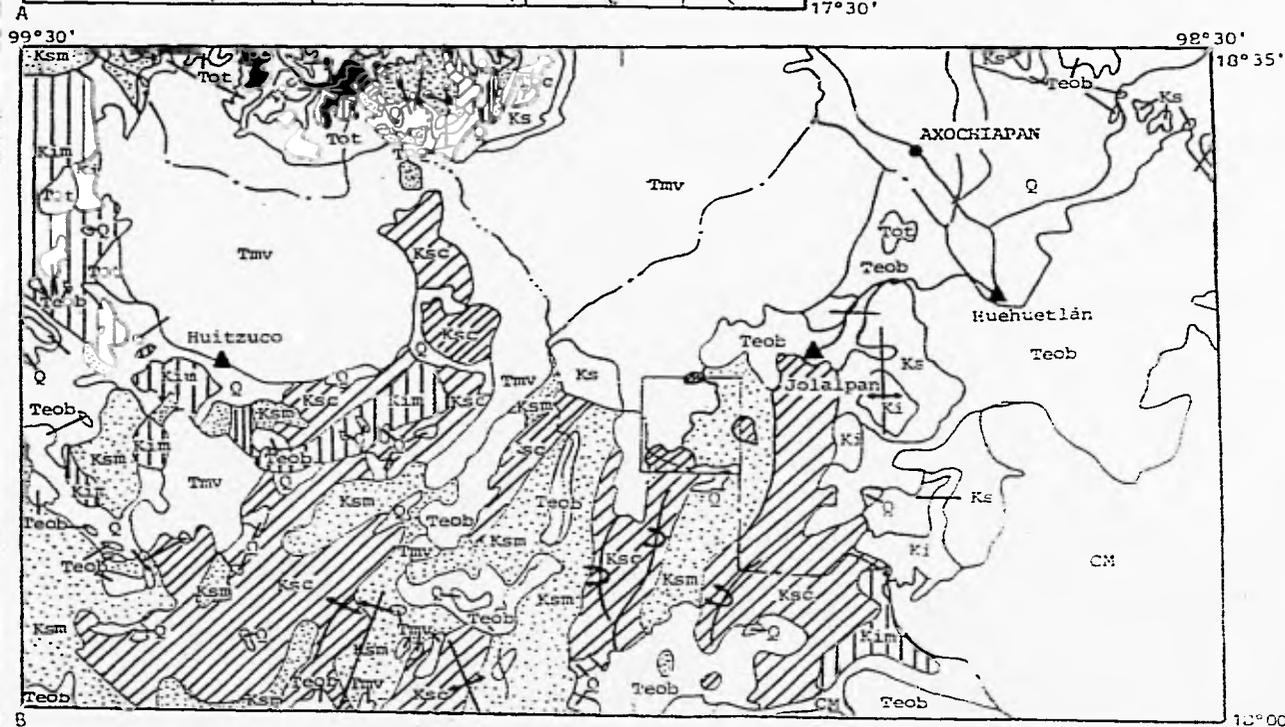


Lámina V. Figura A. Mapa índice de la Región Centronteridional de México. El recuadro corresponde al mapa de la Figura B.

Figura B. Mapa geológico generalizado de la Región Axochiapan - Huitzaco, el recuadro corresponde al Área Mitepec- Huachinantla donde se encuentran las ienitas y que se muestra en la Lámina VI [modificado de Fries, 1960; López-Ramos, 1979 y Ortega *et al.* 1992 (1993)].



LEYENDA

Símbolos Topográficos

- Límite Estatal
- 32 Carretera Federal
- Ciudad
- ▲ Poblado



Ríos y Arroyos

Símbolos Estructurales

Anticlinal



Anticlinal Recostado



CENOZOICO	TERCIARIO	Q	Q	Quaternario
		Post Olig.	Tpc	Formación Cuernavaca.
MESOZOICO	CRETACICO	Olig.	Tmv	Grupo Buenavista y Cuerpos Asociados.
		Pre Olig.	Tot	Riolita Tlilzapotla.
		Temp. Med. Tardío	Teob	"Grupo Balsas"
		Temp. Med. Tempr.	Ksm	Fm. Mexcala
PALEOZOICO	CRETACICO	Ksc	Ks	Cretácico Superior No Diferenciado
		Kim	Ki	Cretácico Inferior Indiferenciado
		CM	CM	Complejo Metamórfico

Escala Gráfica

0 150 Km

A

B

50 Km

Lámina VI. Mapa geológico del Área Mitepec- Huachinantla, Municipio de Jolalpan, Puebla

(preparado por Ferrusquía - Villafranca I para este trabajo).

